

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「日韓の教育用原子炉を有効活用した国際原子力実習の開催」

＜実施機関＞

近畿大学原子力研究所

＜連携機関＞

近畿大学理工学部、近畿大学国際学部、
名古屋大学、九州大学、京都大学、福井大学、東海大学*、東京都市大学*、
慶熙大学校（韓国）

*平成 30 年度から参加した連携機関

＜実施期間・交付額＞

28年度 9,374千円、29年度 4,984千円、30年度 5,040千円

＜当初計画＞

1. 目的・背景

わが国では、福島第一原子力発電所の廃止措置に加えて、国内の古い原子力発電所の廃止が続いている一方で、エネルギー政策では原子力発電が重要なベースロード電源として位置付けられている。また、今後国内の原子力発電所の新設は困難となるが、海外では新規原子力導入国が拡大しており、原子力事業の国際化が進むと考えられる。必要な廃止措置を着実に進めつつ、安全を確保しながら原子力発電を維持し、新規原子力導入国の原子力安全に貢献していくためには、実践的な技術力を持つ高度原子力人材、国際コミュニケーション能力を持つ国際原子力人材が必要である。このような人材を育成するためには、原子力に関する知識を習得させるだけでなく、実物の原子炉施設の現場で知識を実践して血肉化するとともに、国際的な環境の中で国際コミュニケーション能力を養成することが重要である。しかしながら、教育利用が可能な原子炉施設は限られている上、原子力規制委員会による新規規制基準への対応のため、本事業申請時にはわが国の試験研究炉が全て運転を停止している状態であった。

そこで本事業では、将来の原子力利用の推進役となることが期待される優秀な学生を対象として、日本と韓国が保有する教育訓練用原子炉施設を相互に有効活用した国際原子力実習を開催することを目的として事業を計画した。

2. 実施計画

本事業では、実践的な技術力と国際コミュニケーション能力を備えた国際原子力人材を育成するため、特色ある国際原子力実習を近畿大学原子力研究所及び慶熙大学校原子炉センターで開催することを計画した。具体的には、次の3種類の実習を開催することを計画した。なお、本事業申請時は平成26年から続く原子力規制委員会による新規規制基準への適合審査が継続中であり、近畿大学原子炉が停止中だったため、(1)(2)については平成29年度から開催する計画とした。

(1) 原子力体験実習

近畿大学原子力研究所が保有する原子炉(UTR-KINKI)を活用し、原子力工学の知識を血肉化させるための基礎的な原子炉物理実験、放射線計測実験を行う実習。実習を管理技術と結びつけながら、関連する規制法令も理解させるとともに、実物の原子炉を使った実習を通じて原子力の現場の面白さを体感してもらうことも狙いとした。平成29・30年度に4回ずつ開催するとした。

(2) 高度原子力国際実習

近畿大学原子炉を活用した専門的な原子炉物理実験を3泊4日の合宿形式で行う国際実習。使用言語を英語とし、参加者は慶熙大学校が窓口となって韓国からも募集する。実習には近畿大学国際学部の英語教育専門の教員も参加し、英語でのプレゼンテーション方法を指導する。実験データを日韓学生の共同作業でスライド資料にまとめ、英語でプレゼンテーションとディスカッションを行う形式と

し、国際コミュニケーション能力を養う。平成 29・30 年度に 1 回ずつ開催する計画とした。

(3) 海外原子力国際実習

慶熙大学校原子炉センターが保有する原子炉（AGN-201K）を活用し、基礎的な原子炉物理実験、放射線計測実験実習を 3 泊 4 日の合宿形式で行う実習。主に原子炉センターのスタッフが指導を行い、日本からの引率教員が補助する。使用言語は全て英語とし、実験で得られたデータを英語のスライド資料にまとめ、英語でプレゼンテーションをして日韓のスタッフ・学生と議論する時間を設ける。平成 28 年度に 2 回、平成 29・30 年度に 1 回ずつ開催する計画とした。

上記の実習の他に、年度ごとに連携機関の代表者が一堂に会する「連携機関ミーティング」を開催し、活動内容を総括して次年度への反映内容を整理するとともに、スケジュール等の調整を行うこととした。

＜実施状況＞

前述のように平成 28 年度は近畿大学原子炉を利用することができなかったため、「海外原子力国際実習」のみを計画通り実施した。平成 29 年度からは近畿大学原子炉の運転が再開されたため、計画した全ての実習を開始した。平成 30 年度からは新たに東海大学と東京都市大学が連携機関に加わり、全ての実習を開催する計画であったが、同年 6 月上旬に近畿大学原子炉の制御棒駆動装置に不具合が発生し、装置の一部を修理・交換する必要が生じた。修理・交換には原子力規制委員会への「設計及び工事の方法の認可」申請が必要となり、これに伴う手続きと一連の審査・検査等に長期間を要することが判明したため、残念ながら平成 30 年度中の原子炉運転を停止することとなった。そこで、原子炉の運転を伴わない内容での代替実習を行うため準備を開始したが、8 月末になって原子力規制庁から「原子炉施設に『故障』がある状態ではいかなる利用も認められない」との見解が示され、運転の有無に関わらず原子炉施設を利用する実習は一切実施できないことになった。これを受け、急きょ関係者と協議・調整を行い、平成 30 年度については「原子力体験実習」及び「高度原子力国際実習」を全て中止とし、慶熙大学校原子炉を利用した「海外原子力国際実習」を 2 回実施することとして計画変更を行った。

(1) 原子力体験実習

平成 29 年度は当初 4 回の開催を予定していたが、4 回終了した時点で事業費に余裕があったため、以前から実習開催を希望していた東京都市大学の学生を対象に 5 回目の実習を追加開催した。開催日と参加者数は次のとおりである。平成 30 年度については前述の通り計画変更を行い、実施しなかった。

回	開催日	参加者数内訳（大学別）	参加者数合計
第 1 回	6 月 12-13 日	近畿大：5 名 京都大：3 名 大阪大：1 名	9 名
第 2 回	6 月 26-27 日	名古屋大：14 名	14 名
第 3 回	9 月 19-20 日	九州大：15 名	15 名
第 4 回	9 月 27-28 日	近畿大：4 名 福井大：5 名	9 名
第 5 回	12 月 9-10 日	東京都市大：15 名	15 名
合計			62 名

実習項目は、以下の項目から参加学生の履修状況等を考慮して選択した。

- ・ 保安教育：法令・保安規定、近畿大学原子炉の構造と特性、原子炉施設の見学
- ・ 原子炉運転管理実習：起動前点検・起動操作、出力変更操作、定格出力運転、停止操作・点検
- ・ 放射線管理実習：中性子・γ線空間線量率測定、漏洩γ線エネルギースペクトル測定
- ・ 原子炉特性測定実習：原子炉内中性子束分布測定、制御棒校正
- ・ 放射線利用実習：中性子ラジオグラフィ、放射化と半減期測定

実習の実施に合わせて、実習プログラム及びテキスト教材を作成した。また、指導・講義は全て日本語で行った。



写真1 原子力体験実習における原子炉運転実習の様子

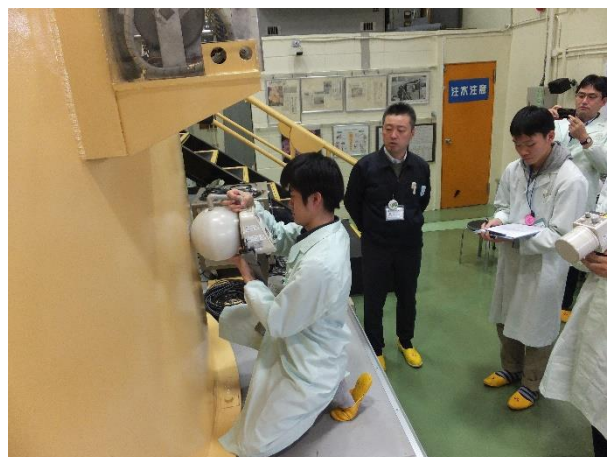


写真2 原子力体験実習における中性子線量率測定の様子

(2) 高度原子力国際実習

平成 29 年度は計画通り 1 回実施した。開催日と参加人数は次の通りである。平成 30 年度については前述の通り計画を変更し、実施しなかった。

実施日：平成 29 年 11 月 7-10 日

参加者：近畿大：4 名、名古屋大：1 名、福井大：1 名、慶熙大（韓国）：5 名 合計 11 名

実習項目は次のとおりである。

- ・ 保安教育：法令・保安規定、近畿大学原子炉の構造と特性、原子炉施設の見学
- ・ 原子炉特性測定実験：臨界近接実験、未臨界度測定、制御棒反応度価値測定、炉雑音測定
- ・ 英語プレゼンテーションセミナー
- ・ 実験結果のプレゼンテーションと討論

本実習では、これまで近畿大学では提供していなかった専門的な原子炉物理に関する実習項目を新たに開発・実施した。そのため、必要な測定装置等（マルチチャンネルスケーラー、中性子検出器、FFT アナライザ、時系列測定装置、比例計数管用前置増幅器、増幅器、タイミングシングルチャンネルアナライザ、高圧電源、制御用ノート PC 等）を備品として購入して実習環境を整備するとともに、実習プログラム、テキスト等の教材を作成した。

実習の講義・指導は全て英語で行い、必要に応じて日本語・韓国語でサポートを行った。また、近畿大学国際学部の英語教育スタッフが英語プレゼンテーションセミナーで指導するとともに、実験結果のプレゼンテーションと討論にも加わり、参加学生は原子力の専門的な議論に加えて、プレゼンテーションで用いる英語表現についても指導を受けることができた。さらに、国際コミュニケーション能力養成の観点から、日韓学生の共同作業によるスライド作成、議論の時間を十分に確保し、国際交流を深めた。

なお、韓国人学生の渡航費については、株式会社千代田テクノルからご支援をいただいた。



写真3 高度原子力国際実習における臨界近接実験の様子



写真4 高度原子力国際実習における英語プレゼンテーションセミナーの様子

(3) 海外原子力国際実習

平成28年度に2回、平成29年度に1回、平成30年度に2回実施した。開催日と参加人数は次のとおりである。平成30年度は当初1回開催の計画であったが、前述の通り計画を変更し、1回追加して開催することとなった。

回		開催日	参加者数内訳（大学別）	参加者数合計
平成28年度	第1回	7月19-22日	近畿大：3名 九州大：1名 名古屋大：7名 京都大：1名	12名
	第2回	8月16-19日	近畿大：1名 九州大：4名 福井大：4名 京都大：3名	12名
平成29年度		7月18-21日	近畿大：3名 名古屋大：4名 九州大：2名 福井大：2名 京都大：1名	12名
平成30年度	第1回	7月3-6日	近畿大：2名 名古屋大：3名 九州大：1名 福井大：2名 京都大：2名 東京都市大：1名 東海大：1名	12名
	第2回	11月27-30日	近畿大：4名 名古屋大：5名 福井大：1名 東京都市大：2名 東海大：2名	14名
合計				62名

実習項目は、次のとおりである。基本的な項目の他、近畿大学では実施の難しい温度係数と反射体効果に関する項目を含めた。

- ・ 保安教育：法規制、慶熙大原子炉の構造と特性、原子炉施設の見学
- ・ 原子炉運転管理実習：出力変更操作、定格出力運転、停止操作
- ・ 放射線管理実習：中性子・ γ 線空間線量率測定
- ・ 原子炉特性測定実習：臨界近接実験、原子炉内中性子束分布測定、温度係数と反射体効果
- ・ 実験結果のプレゼンテーションと討論

実習にあたっては、慶熙大学校原子炉センターのスタッフと協力してテキスト教材を作成して配布・使用した。実習指導・講義は全て英語で行い、必要に応じて日本語でサポートした。



写真5 海外原子力国際実習における原子炉運転実習の様子



写真6 海外原子力国際実習における実験結果のプレゼンテーションの様子

（４）連携機関ミーティングの開催

各年度に１回ずつ、計３回開催した。開催日は、平成29年2月15日、平成30年2月13日、平成31年2月26日である。その年度に実施した事業内容について報告し、アンケート調査の結果を踏まえて事業評価と次回以降への反映事項を整理した。また、次年度以降の事業実施スケジュールについて調整を行った。



写真7 連携機関ミーティング

表 1. 育成人数（結果）

実施項目/プログラム	育成対象者	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度
(1) 原子力体験実習	連携機関に所属し原子力分野を志望する学部生・大学院生	—	62	—
(2) 高度原子力国際実習	連携機関に所属し原子力分野を志望する学部生・大学院生	—	11	—
(3) 海外原子力国際実習	連携機関に所属し原子力分野を志望する学部生・大学院生	24	12	26
参加人数（実数）		24	76	26
（参考指標）交付額/参加人数		391 千円/人	66 千円/人	194 千円/人

表 2. 実施スケジュール（結果）

項 目	平成 28 年度 （四半期毎）				平成 29 年度 （四半期毎）				平成 30 年度 （四半期毎）			
(1) 原子力体験実習					☐	☐	☐					
(2) 高度原子力国際実習												
(3) 海外原子力国際実習		☐				☐				☐	☐	
(4) 連携機関ミーティング				☐				☐				☐

＜成果と評価＞

平成 30 年度は、制御棒駆動装置の不具合により年度の途中で近畿大学原子炉の運転が停止したため、当初の予定を大幅に変更せざるを得なかったが、慶熙大学校原子炉センターの活用により、本事業の目的である実物の原子炉を用いた国際色豊かな実習は継続して実施することができた。

（1）原子力体験実習

近畿大学の原子炉施設をフル活用した実習により、原子炉物理や放射線計測に関する基本的な実験だけでなく、原子炉運転や保安教育を通じて運転管理や放射線管理に関する実践的教育を行うことができ、当初の期待通りの成果を得ることができた。

実習後のアンケートの結果をみると、実物の原子炉を自ら運転した感動とともに、それまでに講義で学んだ原子炉物理や放射線計測の知識を原子炉施設の現場で実践したことに対して満足度が高く、参加学生は基礎知識の必要性・重要性を実習を通じて改めて実感したようであった。

残念ながら平成 30 年度の実習は実施できなかったが、ここで整備した実習プログラムや教材は近畿大学が提供する実習項目として今後も維持し、活用していく予定である。

（2）高度原子力国際実習

本事業によって専門的な原子炉物理に関する実習項目を新たに開発・整備することができた。

実習後のアンケートでは、やや専門的な原子炉物理実験であったにも関わらず、多くの参加者が今後の自身の勉学や研究に対して有用な内容であったと回答しており、原子炉物理への興味が増す結果となった。また、英語プレゼンテーションセミナー等の英語特訓に関する項目も好評であり、3泊4日の日韓合同合宿を通じて両国の学生が交流を深めただけでなく、国際コミュニケーション能力の重要性を実感したようであった。

反省点としては、開催時期の関係もあり、想定していたほど日本人学生が集まらなかったことであ

る。これは、原子力専門の学科、専攻が減少していること、原子炉物理を専門とする研究室でも実験を行う研究室が減少していることも関係しており、簡単ではないが、開催時期についてはあらかじめよく相談するなど、改善策を検討していきたい。

この実習は残念ながら平成 30 年度には開催することができなかったが、本事業で整備した実験設備や教材は、近畿大学が提供する実習プログラムとして今後も維持し、活用していく予定である。

（３）海外原子力国際実習

平成 28 年度は計画通り 2 回の実習を開催することができ、近畿大学原子炉が運転を停止している間の代替実習の役割を果たすことができただけでなく、日本の全研究炉が運転を停止している間も原子力専攻学生に一部ではあるが実習の機会を提供し続けることができた。平成 30 年度には当初の計画を変更して 2 回実施することとなったが、変更後の計画通り実習を開催できただけでなく、結果として当初の計画よりも多くの学生に海外での実習を経験させることができた点はよかったと言える。

実習後のアンケートでは、臨界近接実験や中性子束分布測定等、基礎的な原子炉実験に関する項目への関心・満足度が高く、実物の原子炉を用いた実習が高い教育効果を挙げていることが分かった。また、英語によるプレゼンテーション、ディスカッション、外国人講師による指導、外国人学生との共同作業を通じて英語の重要性を痛感するとともに、優秀な外国人学生からも大きな刺激を受け、もっと勉強しなければならないという動機につながったようである。

（４）その他

3 年間の事業を終えるにあたり、実習参加者（日本人学生）の実習後の進路を調査した。その結果、現在も実習参加時と同じ組織に所属している学生を除くと、原子力分野に進学・就職した学生が約 72%、原子力分野以外に進学・就職した学生が約 28%であり、多くの学生が進路として原子力分野を選択したことが分かった。

＜今後の事業計画・展開＞

（１）近畿大学原子炉を活用した原子炉実習（原子力体験実習・高度原子力国際実習）

現在、原子炉を保有する国内の大学は近畿大学と京都大学に限られるため、全国の大学・高専等から実習参加へのニーズは高い。近畿大学原子炉を国内の貴重な原子力教育資源として有効利用していくため、今後本事業で整備した機器を活用し、開発した教材やプログラムを維持・発展させて全国の大学の期待に応えていくことが重要であると考えている。

また近年、国際原子力機関（IAEA）等を通じて新規原子力導入国からの研修生受け入れの要望も出てきており、本事業で整備した実習項目や教材を英語化し、国際的な人材育成も展開していきたい。

（２）韓国・慶熙大学校原子炉センターにおける実習（海外原子力国際実習）

慶熙大学校の原子炉施設は、日本からの距離が近く利便性が高い場所にありながら、国際的な環境で実習を行う場として極めて有効であることが本事業の実施を通じて再確認できた。海外の原子炉施設で実習を行う経験は日韓双方の学生にとって貴重な機会であり、国際交流と人脈形成の観点も含め、両大学の原子炉を相互に活用した教育を継続していくことは双方にとって有益であると考えられる。

さらに国内では、年々厳格化・煩雑化する規制により、施設で発生するささいな不具合等が原子力安全上のリスクに関わらず長期の運転停止をもたらす可能性が高くなっており、また予見できない新たな規制要求による運転停止のリスクも常に存在する状態である。したがって、不測の事態に対して海外炉と連携し、原子力人材育成のバックアップ体制を構築しておくことにも意義があると考えられる。

（３）今後の実施計画および提案

近畿大学原子炉は国内に残された数少ない原子力教育資源の一つとなっており、わが国の原子力人材育成のためにさらに広く活用することが求められているが、年々増大する規制要求により、残念ながら教育利用の機会が制限されつつあるのが現状である。例えば、核物質防護のためとして、実習目的であっても原子炉施設への立ち入りが厳しく制限されるようになり、実習参加を希望する学生を全て受け入れることが難しくなっている。

また、参加学生の旅費を継続的に確保できる保証がないため、本事業も含め多くの大学で原子炉実

習は年に1回、1泊2日の日程で実習を開催している。これにより、どうしても短時間に多くの実習テーマを詰め込む傾向があり、貴重な現場実習の機会にも関わらず参加学生の理解が消化不良気味になるとともに、実習が一過性のイベント開催的なものとなってしまうがちである。参加学生の旅費に関しては、本事業を含む公募事業に継続的に応募して確保に努めているが、旅費が確保できない場合、学生は原則として旅費を自己負担することになるため、参加を希望する学生全員が必ずしも実習に参加できない状況がある。

このように、現状では原子力専攻学生が確実に実習に参加できる体制がなく、実習を開催できたとしても短時間集中型のイベントとなってしまうため、多くの大学では原子炉実習を単位化して教育カリキュラムの中に位置づけるのが困難であり、課外活動として実施することが多い。

そこで、今後の方向性の一つとして、TV会議を活用した遠隔実習システムを整備することにより、本事業で整備した備品や教材を活かしながら、旅費の有無や人数制限に関わらず、原子力専攻学生が確実に実機を使った実習に参加できる環境を整備することを検討している。

これらの点を盛り込んだ新しい提案として、令和元年度からの国際原子力人材育成イニシアティブ事業に新規課題「教育訓練用原子炉を有効活用するための実習システムの充実化」を申請し、令和元年8月に採択された。これからも、本事業で整備した機器や実習プログラムを活用し、バックアップ施設としての慶熙大学校原子炉センターとの交流関係を維持しながら継続的に人材育成を行っていききたい。

＜整備した設備・機器＞

・FFTアナライザ1台（平成28年度整備、約1.6百万円）

「高度原子力国際実習」において、原子炉雑音測定による未臨界度の評価を行う際に活用し、高度な原子炉物理学実習を行った。

＜その他特記すべき事項＞

＜実施状況＞の項でも述べたように、新規規制基準への対応のため、事業開始時には近畿大学原子炉を含む国内の全ての研究炉が運転を停止していたが、本事業の枠組で慶熙大学校の原子炉施設を活用することにより、国内研究炉の停止期間を人材育成の空白期間とせず、日本人学生が実物の原子炉を使った教育を受ける機会を提供し続けることができた。また、国内研究炉停止に伴う人材育成停滞の危機感と、平成29年度から近畿大学原子炉が運転を再開したことによる原子力人材育成への関心の高まりから、本事業はテレビ・新聞等のメディアに数多く取り上げられた。

＜参考資料＞

（１）添付資料

- 1) 原子力体験実習テキスト「原子力体験実習」
- 2) 高度原子力国際実習テキスト「Advanced Course on Reactor Physics」
- 3) 海外原子力国際実習テキスト「Reactor Experiment」
- 4) 原研 NEWS 第17号「韓国・慶熙大学校で原子炉研修会を開催」
- 5) 原研 NEWS 第16号「文部科学省・国際原子力人材イニシアティブ事業『日韓の教育用原子炉を有効活用した国際原子力実習の開催』が本格的に始動」
- 6) 原研 NEWS 第15号「国際原子力人材育成イニシアティブ事業採択決定！」

（２）事業成果の公開事例、関連する文献

- 1) 日本原子力学会 2018 年春の年会「高度原子力国際実習（炉物理専門研修会）の実施（１）実施方針と実習の概要」（大阪大学吹田キャンパス・2018 年 3 月）
- 2) 日本原子力学会 2018 年春の年会「高度原子力国際実習（炉物理専門研修会）の実施（２）臨界近接実験とソースジャーク法による未臨界度測定」（大阪大学吹田キャンパス・2018 年 3 月）
- 3) 2018 IAEA Third International Conference on Human Resource Development for Nuclear Power Programmes, “Education and Training in Nuclear Human Resource Development at Kindai University”（韓国慶州・2018 年 6 月）
- 4) 第 79 回応用物理学学会秋季学術講演会シンポジウム「研究炉が切り拓く未来の研究・次世代

の人材育成・近畿大学原子炉の概要」(名古屋国際会議場・2018年9月)

- 5) European Research Reactor Conference 2019 (RRFM/IGORR2019), "Education and Research utilizing UTR-KINKI" (ヨルダン・スウェイメ・2019年3月)

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。）	<成果と評価>に記載したとおり、平成 30 年度については当初計画を変更せざるを得なかったが、実物の原子炉を用いた国際色豊かな実習を継続して開催するという目標は達成することができた。採択時の審査委員会所見への対応は以下のとおりである。 （所見）新規制基準対応等で厳しい対応を求められている中、貴学が所有する研究用原子炉を利用した実習を他大学へも提供する取り組みであり、参加した学生が原子力産業への就職を希望する等、学生のインセンティブにつながる成果が期待できる。また、韓国の大学との連携協力による教育プログラムの国際化を進めることにより、学生の国際意識の涵養にも繋がると期待される。研究用原子炉の新規制基準対応については厳しい対応が求められているが、一日も早い再稼働を果たし多くの学生にとって学びの機会提供につながるよう新規制基準対応に今後も務めていただきたい。 （対応）平成 29 年 3 月 17 日に新規制基準対応に伴う全て審査、検査に合格し、同年 4 月 12 日から運転利用を再開した。本文に記載したように、連携機関に所属する学生に実習の機会を提供するとともに、韓国・慶熙大学校原子炉センターとの連携による日韓合同実習を通じて学生の国際コミュニケーション能力の養成を行った。また、参加した学生の約 7 割は進路として原子力分野を選択した。
②特記すべき成果	本事業開始当時は、新規制基準への対応のため国内の全ての研究炉が運転を停止し、学生が実物の原子炉を使って実習を行う機会を失う事態となっていたが、本事業により韓国の原子炉施設を利用して教育を継続することができた。本事業のこのような取り組みは、平成 29 年度からの近畿大学原子炉の運転再開に合わせてテレビ・新聞等のメディアに数多く取り上げられ、原子力人材育成の重要性を社会に発信することにも貢献した。
③事業の継続状況・定着状況	<今後の事業計画・展開>に記したように、本事業で整備した設備や教材を今後の実習に活用していく予定である。また本事業の成果を継続的に発展、展開していくため、令和元年度からの国際原子力人材育成イニシアティブ事業に新規課題を提案して採択された。
④成果の公開・共有の状況	事業内容や成果については、積極的に学会発表等を行った。作成したテキストは連携機関に配布したほか、他大学の要望に応じて提供することも可能である。
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	参加学生数は、<実施状況>の表 1 に示したとおりである。原子力関係機関への就職状況については、<成果と評価>に記したように、参加した学生の約 7 割が原子力分野に進んでいる。