

令和5年度

文部科学省

国際原子力人材育成イニシアティブ事業

未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム [ANEC]

原子炉及び大型実験施設等を活用した持続
的な原子力人材育成拠点の構築

—大学研究炉を中心とした
原子力教育拠点の形成—

成果報告書

(令和5年度実施分)

令和6年3月

実施機関 学校法人 近畿大学

参画機関 国立大学法人 京都大学
国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学
学校法人 東海大学
学校法人 五島育英会 東京都市大学

目 次

1. 事業の概要	1
1.1. 背景	1
1.2. 目的	1
2. 事業計画.....	2
2.1. 全体計画	2
2.2. 令和5年度の計画及び業務の実施方法	9
2.3. 体制	10
3. 令和5年度の成果.....	11
3.1. 原子炉実習「基礎コース」	11
3.2. 原子炉実習「中級コース」	16
3.3. 原子炉実習「上級コース」	19
3.4. 実習教科書の整備	22
3.5. 高専生のための原子力実習	22
3.6. 廃棄物計測・信頼性工学実習.....	25
3.7. 発電炉シミュレータ実習.....	27
3.8. 慶熙大学校原子炉実習	28
3.9. 原子炉実習「国際コース」	30
3.10. IAEA 原子力安全基準研修	34
3.11. 原子力業界探求セミナー	35
4. 結言.....	37

1. 事業の概要

1.1. 背景

原子力を専攻する学生が最低限学修すべき講義や実習の中で、原子炉を利用した学生実習は原子力分野特有の経験であり、座学で得た知識を実践して血肉化する現場として不可欠である。しかし国内で教育に供される原子炉のほとんどが廃止または運転停止中となり、特に大学が運用する原子炉は、近畿大学と京都大学が保有する三基の原子炉のみとなっている。中でも、近畿大学原子炉（UTR-KINKI）と京都大学臨界集合体（KUCA）は、従来から教育利用の面で特に大きな役割を担っており、これまで国内外の多くの大学の実習教育に活用されてきた。

しかしながら、両大学の原子炉はともに運転開始から数十年を経て高経年化が進んでいること、福島第一原子力発電所事故後に厳格化された規制要求による負担が年々増大していることなどから、教育利用の機会が縮小しつつあるのが現状である。そのためこれらの原子炉を効率的かつ有効に活用する取り組みが求められるが、これまで両大学の原子炉を連携させて効率的に運用する枠組は存在せず、それぞれが独自に実習コンテンツを開発、提供し、実習内容も必ずしも整理（棲み分け）がなされていなかった。また、これらの原子炉を利用する大学も、それぞれ独自の経緯でどちらか、または両方の原子炉を利用しており、教育ニーズに合わせて各原子炉の特長を有効に活用することは行われていなかった。したがって、各原子炉の特長を生かした実習コンテンツを体系的に整備・強化し、利用する大学の教育ニーズに合わせて利用を整理することで、貴重な原子力教育リソースである両大学原子炉の教育利用を一層有効かつ効率的に行うことが可能となると考えられる。

さらに、UTR-KINKI と KUCA を教育・研究の両面で活用している大学は、各原子炉を中心に強力なユーザーコミュニティを形成している。これらの大学は、現在も多様な原子力教育リソース（講義、実習、実験施設、国際研鑽の場）を維持、保有している。多くの大学で原子力専門学科が廃止され、原子力基礎教育が希薄化し、原子力関連分野の教員が分散・減少しているため、単独の大学で一貫した原子力専門教育を行うことができる大学は減少しているが、これらの大学が特長ある教育リソースを相互に提供し、教育機能を補い合えば、原子炉の活用と合わせて各大学の原子力専門教育機能の強化に資すると考えられる。

1.2. 目的

本事業では、国内に残された貴重な原子力教育リソースである UTR-KINKI と KUCA を利用した実習を体系的に再構築・強化して利用者に提供する。また、両原子炉を利用する大学が持つ原子力教育リソースを相互に提供し合って教育機能を補い合い、原子力専門教育の強化と原子力産業界及び原子力アカデミアへの人材供給を目的とした教育拠点を形成する。

図 1 に本事業のコンセプト図を示す。

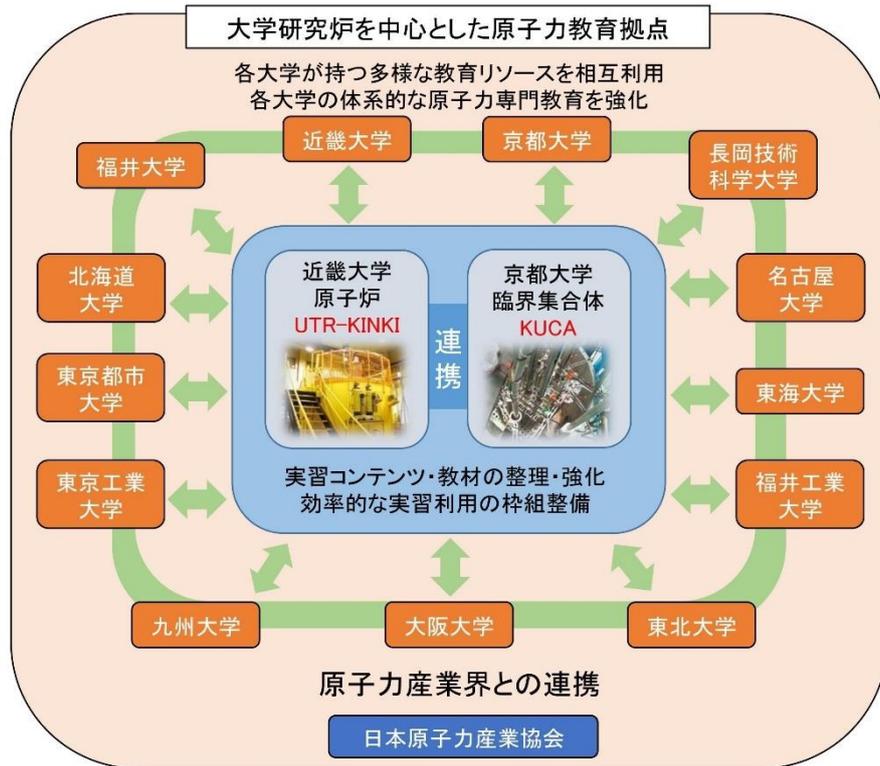


図 1.1 本事業のコンセプト図

2. 事業計画

2.1. 全体計画

本事業では、原子力を志望する学部生・大学院生を主な対象とし、二段階の人材育成体制を構築する。第一段階では、原子力工学の基礎的な知識と技能を幅広く身に付け、原子力産業界の基盤人材となる原子力ジェネラリストを育成し、第二段階では、基礎を身に付けた上で自らの専門分野を持ち、優れた技術力と深い学識を兼ね備えた人材（エース）となる原子力スペシャリストを育成する。また、参画機関がもつ国際的なネットワークを活用し、国際研鑽機会となるプログラムを提供し、学生のリーダーシップと国際コミュニケーション能力を養成するとともに、原子力産業界との連携によってインターンシップ等の情報を紹介し、学生に実務体験の機会を提供する。図 2 に本コンソーシアムにおける人材育成のスキームを示す。

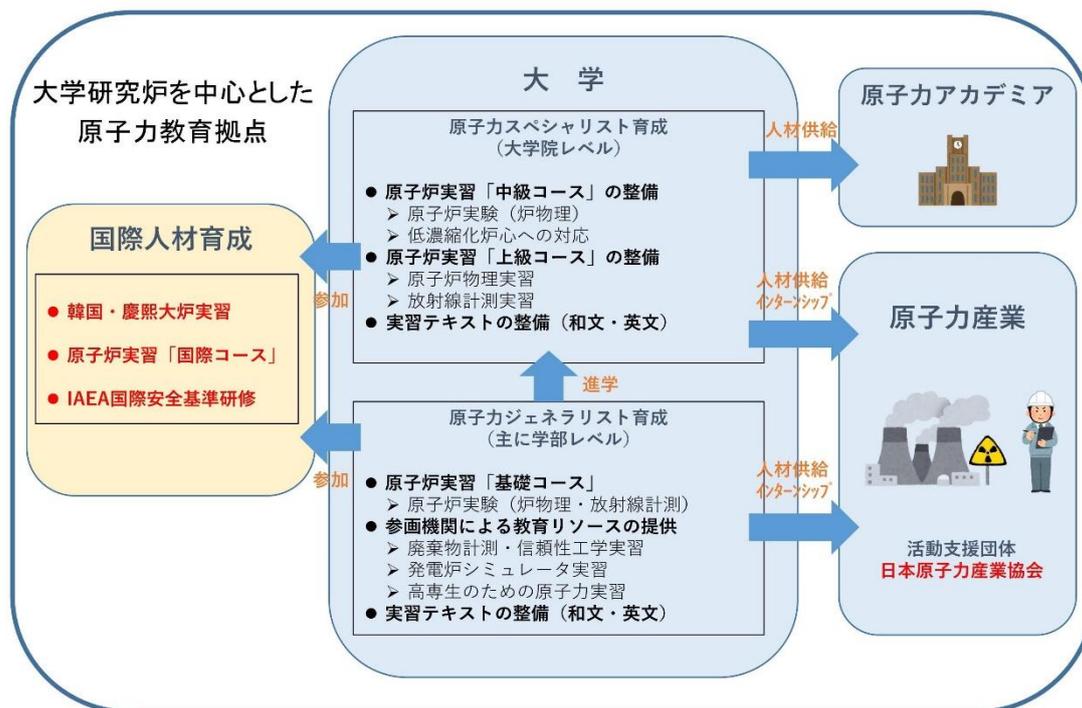


図 2.1 本事業における人材育成のスキーム図

本事業で提供するプログラムは次のとおりである。

(1) 原子炉実習

本事業では、UTR-KINKI と KUCA の連携により、原子炉を用いた実習を「基礎コース」、「中級コース」、「上級コース」として再編する。また、これらの実習プログラムで用いる教科書を体系的に整備する。

① 基礎コース

主に原子力を専攻する学部学生を対象として、UTR-KINKI を用いた原子炉実習「基礎コース」を整備し、原子力ジェネラリスト育成のために活用する。このコースでは、原子炉物理、放射線計測の基礎的な項目に関する実習を通じて、座学で得た知識を実物の原子炉施設で実践して理解を深めるとともに、原子力施設における運転管理や放射線管理の実務、規制・法令を有機的に理解させる。また、原子力技術の面白さを体験し、原子力技術への関心を高め、原子力分野への進学・就職意欲を確かなものとする。

これまでに近畿大学が提供してきた原子炉実習プログラムを「基礎コース」の実習プログラムとして提供し、参加大学からのニーズに応じて新たな実習プログラムを開発・追加する。

- **保安教育**：原子炉施設の利用に係る法令要求と注意事項（放射線管理と核セキュリティを含む）について講義する。また、施設の見学により、UTR-KINKI の構造と特性を理解させる。
- **原子炉運転実習**：学生が自ら原子炉を運転し、原子炉の起動から出力上昇、臨界、出力変更、自動運転、原子炉停止までの一連の操作を体験することを通じて、自ら行った操作に対する

原子炉の応答、挙動を実感しながら運転管理の基礎を理解する。

- **制御棒校正**：炉周期法及び落下法により制御棒価値の測定を行い、原子炉の反応度制御について理解する。
- **臨界近接**：未臨界の炉心に1体ずつ燃料集合体を追加し、逆増倍率測定によって臨界質量を求める（燃料集合体を追加する代わりに、制御棒を徐々に引き抜く方法で実施する場合もある）。
- **原子炉内中性子束分布測定**：金箔等の標的物質を原子炉内に設置し、放射化法によって原子炉内の中性子束分布を調べる。放射化法による中性子束測定の原理を学ぶとともに、得られた分布を原子炉物理の観点から考察する。
- **空間線量率測定**：保安規定に基づき、原子炉運転中の空間線量率（ γ 線・中性子）を所定の位置で測定・記録しながら、放射線管理に用いるサーベイメータ等の取り扱いを学ぶ。
- **漏洩 γ 線測定**：高純度 Ge 半導体検出器を用いて、原子炉からの漏洩 γ 線を測定し、スペクトル分析によって γ 線源核種の同定を行う。
- **放射化と半減期測定**：原子炉内でアルミ箔に中性子を照射して放射化させ、生成した Al-28 の半減期を GM 計数管で測定する。
- **中性子ラジオグラフィ**：参加学生が準備した被写体を X 線及び中性子線で撮影し、これらの透視画像から放射線と物質の相互作用について考察する。

実習期間は1回の実習につき1日～3日とし、実習項目は各大学のカリキュラムや学生の履修状況に応じて選択する。

② 中級コース

学部で原子炉物理や放射線計測を専門とせず大学院に進学した原子力系の大学院生を主な対象として、UTR-KINKIを用いた2泊3日の「中級コース」を整備する。

KUCAで行われている国内の原子力系の大学院生を対象にした全国大学院院生実験をベースとして、これに参加している大学とともに開発し、原子炉の仕組みや、臨界の理解、原子炉内における中性子の時間挙動への平易な理解を目標に、次のような実習項目を用意する。

- **臨界近接実験**：核燃料の追加による臨界調整ではなく、制御棒を徐々に引き抜く方法によって臨界状態を達成し、臨界という現象の理解を促す。
- **制御棒校正実験**：中性子の時間応答を監視することで得られる反応度（余剰反応度及び制御棒価値）を測定し、原子炉の時間変化の理解を促す。
- **原子炉運転実習**：制御棒操作によって、臨界、未臨界及び超臨界の状態を直接体感し、併せて、原子炉の臨界調整から炉心内の中性子の挙動を直接確かめることを体験する。

2泊3日コースにより、基幹分野を専門としない多くの大学院生の参加が見込まれる。実習参加にあたっては、実験への理解を促すため、実験参加に先立って「原子炉物理実験：京大出版会2010年発刊」に記載されている事前レポートの提出を求める。また、実験に向けた事前講義を各大学の若手教員が中心になって行うことで、授業スタイルの多様化やカリキュラムの改定などに柔軟に対応することを心掛ける。

③ 上級コース

原子炉物理と放射線計測を専門とする大学院生を対象として、UTR-KINKI と KUCA を用いた原子炉実習「上級コース」を整備し、原子力スペシャリスト育成のために活用する。このコースでは、原子炉物理と放射線計測に関する高度かつ専門的な内容を含んだ実習を通じて、十分な基礎知識に基づいた上で、より挑戦的な課題に対処可能な高度な専門的知識の習得を目指し、自分自身で課題を抽出し主体的に解決できる能力を持った人材の育成を目指す。

令和 5 年度の本事業では、当該年度において臨界実験が可能な国内実験施設 UTR-KINKI を主な対象として、以下に挙げる実習プログラムを提供する。

- **保安教育**：基礎コースと同様に、原子炉施設の利用に係る法令要求と注意事項について講義する。また、施設の見学により、UTR-KINKI の構造と特性を理解させる。
- **臨界近接**：未臨界の UTR-KINKI 炉心において、制御棒を徐々に引き抜くことで、逆増倍率測定によって臨界となる制御棒位置を求める。さらに、限られた実験時間を有効利用するため、臨界近接実験で得られた測定データの再利用方法について検討する。
- **制御棒校正**：炉周期法、補償法、落下法だけでなく、臨界近接実験時に測定されたデータを再利用した中性子源増倍法の結果も組み合わせることで、制御棒反応度価値曲線を求める。
- **未臨界度測定法**：UTR-KINKI において実施可能な、炉雑音解析手法（Feynman- α 法）により未臨界度を測定する。
- **原子炉運転実習**：各上級コース実験のテーマについて、学生皆で議論した計画を達成できるように、原子炉の起動から出力上昇、臨界、出力変更、反応度調整、原子炉停止までの一連の操作を、学生自らの手で行う。この運転実習を通じて、各炉物理実験で要求される原子炉運転、運転時の原子炉挙動に関する専門的知識を深める。

実習期間は 1 回の実習につき 4 日とし、実習項目は、参加する各大学院生の理解度や、前年度までの実施結果を踏まえて、継続的に改良する。

④ 実習教科書の整備

これまで UTR-KINKI で用いられてきた実習資料（原理、実験手順、データシート等の教育資料を含む）に新たな記述を加えて、事業期間中に「基礎コース」の実習教科書として出版する。また、国際実習プログラムにも対応できるよう、英語版の教科書も作成する。

KUCA の全国大学院院生実験（1975 年から開講）で使用する実習教科書は、和文及び英文それぞれについて 2010 年に京大出版会から出版されており、これを「中級コース」の実習教科書として使用する予定である。しかしながら、KUCA で使われている核燃料（高濃縮ウラン燃料）は、数年以内に米国へ返送され、事業期間中に新たな核燃料である低濃縮ウラン燃料が導入される予定である。したがって、新たに導入が予定されている低濃縮ウラン燃料を用いた原子炉物理実験において、低濃縮ウラン燃料用の実習教科書の作成は喫緊の課題となっている。そこで、低濃縮ウラン燃料が導入されるまでの期間に、原子炉物理を専門とする全国の大学教員から構成されるワーキンググループを設置し、人材育成事業のカリキュラムにおいて必要とされる炉物理定数の確定と実験内容の再構築を行い、実習教科書の改訂を進める。

(2) 教育リソースの活用

① 廃棄物計測・信頼性工学実習

東京都市大学では廃止措置中の研究炉 MITRR に比較的容易にアクセスできる環境にあるため、それを活用した、原子力施設の廃止措置の際に重要となる、放射性廃棄物計測実習を実施する。放射性廃棄物の取り扱い及び処分方法に関しては、様々な教科書が存在しているものの、実際に廃棄物の放射線計測などを行うためには、放射線計測に関する知識が重要となる。そこで、MITRR 原子炉室において検出器によって廃棄物を測定することにより、廃棄物の定量方法などの知見の習得を目指す。また、併せて見学会などを実施し、研究施設における廃棄物の取り扱いに関する知識を深める。なお、これら廃棄物の安全な取扱いは、原子力安全やリスクに関する知見がベースとして関わる。このため、原子力安全などの基本的な考え方の基礎となる信頼性工学の基礎実習を実施する。

② 発電炉シミュレータ実習

原子力発電所で異常・事故が発生した場合の原子力発電炉の挙動と対応策を理解するため、東海大学が所有するグラフィカルな原子力発電炉シミュレータ SARS を用いて実習を行う。本実習は2日間のプログラムとする。本実習は「高専生のための原子力実習」でも同様に行われる。

(実習プログラム)

講義1：原子力発電プラント PWR/BWR の構造と機能

講義2：原子炉シミュレータ SARS の概要と機能

講義3：発電炉の事故例と対応

実習1：SARS の操作習熟

実習2：PWR の事故解析と解析結果の考察

実習3：BWR の事故解析と解析結果の考察

③ 高専生のための原子力実習

原子力技術に関心を持つ高専生を対象として、UTR-KINKI を用いた基礎的な原子炉物理・放射線計測に関する実習と、東海大学の原子力発電炉シミュレータ SARS を用いた原子力発電炉の異常・事故時の挙動と対応策を理解する実習を行う。

実習は1週間（月曜日から金曜日まで5日間）のプログラムとし、前半の3日間に近畿大学で実習に参加し、後半の2日間に東海大学で実習に参加する。実習プログラムは、近畿大学が提供する原子炉実習「基礎コース」の中から選択した基礎的な実習項目と、東海大学が提供する「発電炉シミュレータ実習」を組み合わせた内容とする。

(近畿大学における実習プログラム)

- 保安教育
- 原子炉運転実習
- 臨界近接
- 放射化と半減期測定
- 空間線量率測定
- 中性子ラジオグラフィ

実習プログラムに関連する講義を必要に応じて提供する。

(東海大学における実習プログラム)

- 講義 1 : 原子力発電プラント PWR/BWR の構造と機能
- 講義 2 : 原子炉シミュレータ SARS の概要と機能
- 講義 3 : 発電炉の事故例と対応
- 実習 1 : SARS の操作習熟
- 実習 2 : PWR の事故解析と解析結果の考察
- 実習 3 : BWR の事故解析と解析結果の考察

(3) 産業界との連携

日本原子力産業協会の支援を得て、原子力関連企業と学生が交流するための行事として「原子力業界探求セミナー」を開催する。開催形式は、全国から学生が参加できるようオンライン形式とする。開催頻度は年 1 回とし、時期は冬季インターンシップ開催前の 11 月頃とする。

早い段階から学生が原子力関連企業で働く技術者や研究者と接し、具体的な業務内容や研究内容を知る機会とするほか、学生に原子力企業でのインターンシップへの参加を促し、大学で得る知識や技術、経験がどのように将来の実務につながるのかを意識させ、学修意欲を高める。このような取り組みを通じて、学生が進路として原子力関連企業への就職（もしくは原子力関連分野への進学）を選択するよう促す。

(4) 国際人材育成

① 慶熙大学校原子炉実習

韓国・慶熙大学校原子炉センターが保有する原子炉施設（AGN-201K）を活用して、基礎的な原子炉物理実験、放射線計測実験に関する実習を 3 泊 4 日の合宿形式で実施する。実習に参加する学生は、主に原子炉実習「基礎コース」に参加した学生の中から意欲ある学生を選抜する。実習内容は次のとおりである。

- **保安教育**：原子炉施設の利用に係る法令要求と注意事項について学ぶ。また、施設の見学により、AGN-201K の構造と特性を理解する。
- **原子炉運転**：原子炉の出力変更運転を学生自ら行い、自ら行った操作に対する原子炉の応答、挙動を理解する。また、異なる出力で臨界にした原子炉の制御棒位置
- **臨界近接**：未臨界の炉心に正の反応度を持つ制御棒を少しずつ挿入し、増倍度測定によって臨界質量を求める。
- **原子炉内中性子束分布測定**：金線を原子炉内に設置し、放射化法によって原子炉内の中性子束分布を調べる。得られた分布を原子炉物理の観点から考察する。
- **温度係数と反射体効果の測定**：炉心の温度変化の前後、反射体（水、黒鉛）の交換の前後における臨界時制御棒位置の変化から、原子炉の温度係数と反射体効果を調べる。
- **プレゼンテーションとディスカッション**：実験データの分析結果を英語のプレゼンテーションとしてまとめて発表する。また、発表内容について英語で議論する。

指導は、原子炉センターのスタッフが主として行い、日本からの引率教員が補助する。また、ティーチング・アシスタントとして指導を補助する韓国人学生との共同作業や議論を通じて交流

を深める。使用言語は全て英語とし、各実習の後に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してスタッフ・学生と英語で議論する時間を設ける。海外の原子炉施設において英語でコミュニケーションを取りながら外国人の講師・学生と作業に取り組み議論する経験は、将来の原子力技術者として国際的視野を養う上で貴重な経験となるものと期待する。

② 原子炉実習「国際コース」

KUCA では、2003 年から海外（主に韓国及び中国）向けの原子力人材育成事業の一環として、アジア炉物理実験（Reactor Physics Asia Experiment Program: RPHA-XP）を展開し、英語による講義及び配布資料の提供、英文テキスト（Nuclear Reactor Physics Experiments, Kyoto University Press, 2010）の配布などを通して、全国大学院院生実験の「国際コース」として運営してきた。本事業では、これまでの RPHA-XP を「国際コース」に改め、原子炉物理を専門とする韓国及び中国の大学院生に加えて、国内の同分野を専門とする大学院生も参加するプログラムを新たに開発する。

講義及び実験の運営は引き続き英語で行われるが、文部科学省が推進するアクティブ・ラーニングを積極的に取り入れ、メンバーシップ・トレーニングを目的としたグループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワークに重点を置いたカリキュラムに変更する。特に、国内の学生のリーダーシップ・トレーニングを念頭に置いた実験の運営を心掛ける。また、若手教員の研鑽の場として、若手教員が英語で講義する機会を提供する。

「国際コース」は3泊4日コースとし、以下のようなカリキュラムを用意する。

- 臨界近接実験：核燃料の増加による臨界調整ではなく、制御棒を徐々に引き抜く方法によって臨界状態を達成する。
- 制御棒校正実験：中性子の時間応答を監視することで得られる反応度（余剰反応度及び制御棒価値）を測定し、原子炉の時間変化の理解を促す。
- 反応率分布測定実験：金線を用いた炉内の反応率分布の測定結果を提供し、実験結果の物理的意味や考察を重点的に議論する。
- 原子炉運転実習：原子炉の制御棒操作によって、臨界、未臨界及び超臨界の状態を直接体感し、併せて、原子炉の臨界調整から炉心内の中性子の挙動を直接確かめることを体験する。
- ラップアップ実習（リーダーシップ・トレーニング）：グループ・ディスカッション及びグループ・ワークに基づいて実験結果を整理し、参加メンバーの中で指名された学生リーダーが全体の議論をリードする。英語による論点の集約や議論のまとめ方についてのリーダーシップ・トレーニングを行うが、その際、若手教員がディベートやディスカッションに参加し、補助的役割を担うようにする。

③ IAEA 原子力安全基準研修

本研修では、IAEA による原子力安全基準を中心に学ぶ講義を IAEA の専門家が講義し、参加者(大学生・大学院生・高専生・社会人)は質疑・討論を、東海大学湘南キャンパスにて学内対面およびオンライン併用で行う。実習は4日間のプログラムとする。研修はIAEA から10テーマ程度、国内から2テーマ程度の講義と質疑応答で構成される。(研修プログラムは表 3.9 を参照。)

2.2. 令和5年度の計画及び業務の実施方法

(1) 原子炉実習「基礎コース」

令和5年度は、名古屋大学、福井大学、九州大学、東京都市大学、東海大学、大阪大学、東京大学、東京都立大学、福井工業大学の学生を対象として9回の実習を行う。

(2) 原子炉実習「中級コース」

令和5年度は、KUCAにおいて天然ウランを用いた未臨界体系を用いた実習を行い、UTR-KINKIでは臨界実験を行う。KUCAでは東北大学、長岡技術科学大学、大阪大学および九州大学の大学院生を対象に2回の実習、UTR-KINKIでは東北大学、長岡技術科学大学、福井大学および九州大学の大学院生を対象に2回の実習を行う。

(3) 原子炉実習「上級コース」

令和5年度は、北海道大学、東海大学、名古屋大学、福井大学などの大学院生を対象として、年1回の実習を行う。ここで、実習当日に臨むにあたって、実験に参加する他大学の学生一同が受講し、十分な知識を習得することができるよう、双方向型の遠隔講義形式による事前講義・演習カリキュラムを構築する。

(4) 原子炉実習教科書の整備

令和4年度までにUTR-KINKIを用いた実習の教科書（和文・英文）の執筆、出版を行った。令和5年度は、KUCAの低濃縮化に対応した実習教科書の執筆準備として、教科書の構成、執筆内容、執筆者と役割分担を決定し、執筆にとりかかる。令和5年度末までに和文および英文の草稿を完成させて、校正等の作業を行う。

(5) 廃棄物計測・信頼性工学実習

既存の原子力発電所の経年対策や廃止措置における安全性や信頼性に関する実習として、信頼性工学の基礎実習と、廃止措置の際に重要となる放射性廃棄物の計測に関する実習を実施する。また、研究所における廃棄物取り扱いの実際を見学するため、日本原子力研究開発機構（大洗）の廃棄物施設見学会を実施する。

(6) 発電炉シミュレータ実習

本実習を令和5年度の夏休暇中(8月下旬～9月上旬)に1回、東海大学湘南キャンパスにて行う。大学生・大学院生・社会人から参加者10名を募集する。

(7) 高専生のための原子力実習

本実習は、令和2年度のフィージビリティ・スタディの結果、令和3年度から本事業に導入された。令和3年度、4年度に続き、令和5年度も1回開催する。実習は、高専生の夏休み期間に合わせて8月下旬に近畿大学原子力研究所および東海大学湘南キャンパスにて開催する。参加者は高専機構を通じて募集する。

(8) 原子力業界探求セミナー

日本原子力産業協会の支援を得て、原子力関連企業の技術者・研究者が学生と交流するための行事として原子力業界探求セミナーをオンラインで開催する。またセミナーを通じて、参画機関へのインターンシップ情報等を提供し、学生に原子力分野への進路選択を促す。令和5年度は11月頃に1回開催する。

(9) 慶熙大学校原子炉実習

慶熙大学校が保有する教育用原子炉（AGN-201K）を使った国際色豊かな原子炉実習を1回開催する。使用言語は英語とし、原子炉物理・中性子計測に関する基礎的な実習を通じて国際コミュニケーション能力を養成する。

(10) 原子炉実習「国際コース」

原子炉物理を専攻する海外の大学院生及び国内大学の若手教員・大学院生を対象として、UTR-KINKI を使った原子炉物理実習を開催する。使用言語は英語とし、原子炉物理に関する基礎的な知識と実験技術を習得するとともに、国際コミュニケーション能力を養成する。

令和5年度については、海外からの主な参加者である韓国・中国の学生と日本人学生を対象に12月に開催する。

(11) IAEA 原子力安全基準研修

国際原子力機関 IAEA による原子力安全基準を中心に学ぶ研修を令和6年3月に1回(4日間)、東海大学湘南キャンパスにて学内対面およびオンライン併用で行う。本研修を全て英語にて行う。参加者対象は大学院生・学生・高専生に加えて一般・社会人とし、国内外からオンライン参加も認める。学生・院生・高専生はオンラインによる参加を標準とするが、希望者は対面でも参加する。

2.3. 体制

本事業の実施体制を図 2.3-1 に示す。本事業は、近畿大学の取りまとめの下、各人材育成プログラムを主催する大学が事業参画機関と連携しながら事業を進める。令和3年度の ANEC 発足後は、図中の実験・実習関連プログラムは ANEC の「実験・実習グループ会議（取りまとめ：近畿大学）」、国際関係プログラムは「国際グループ会議（取りまとめ：東京工業大学）」、産学連携プログラムは「産学連携グループ会議（取りまとめ：福井大学）」にもそれぞれ参画して活動する。また、近畿大学と京都大学は、ANEC の企画運営会議に参加し、ANEC における議論や活動方針を他の参画機関に連絡・共有する。

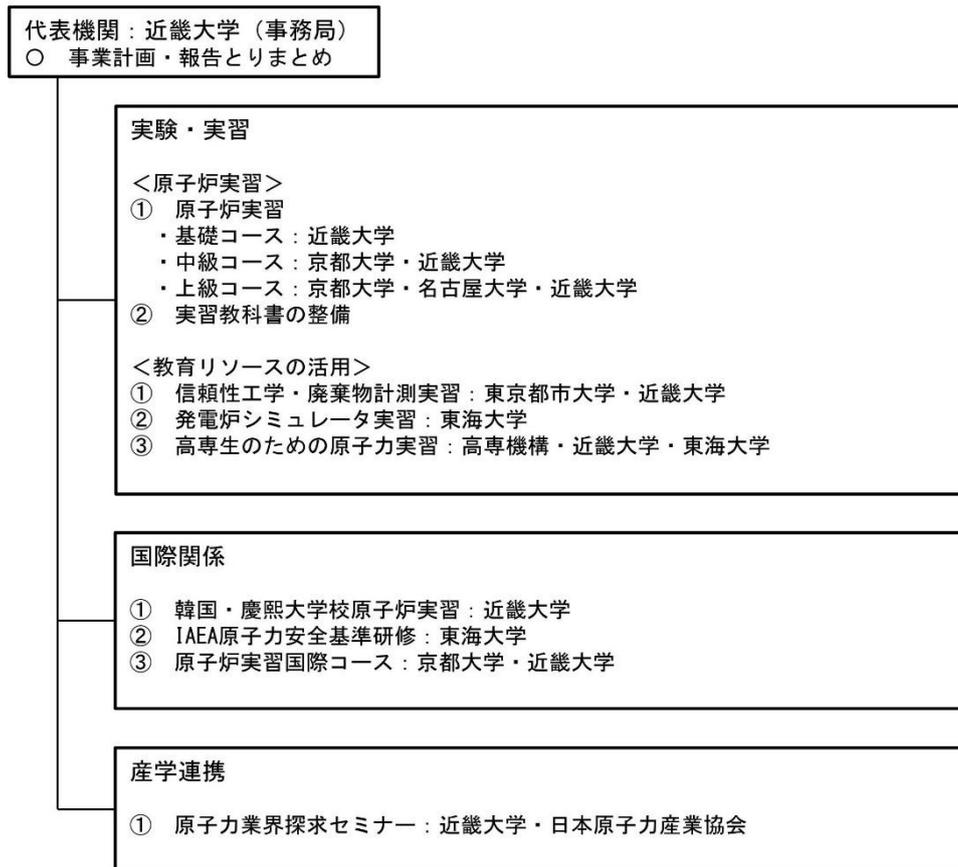


図 2.3-1 本事業の実施体制図

3. 令和5年度の成果

3.1. 原子炉実習「基礎コース」

令和5年度は9回の実習を開催した。表 3.1-1 に「基礎コース」の開催日と参加人数を示す。

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、1日（日帰り）～2泊3日のスケジュールで実習を開催した。

- ・保安教育
- ・原子炉施設の見学
- ・原子炉運転実習（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）
- ・臨界近接
- ・制御棒校正
- ・原子炉内中性子束分布測定
- ・放射化と半減期測定
- ・中性子ラジオグラフィ
- ・空間線量率測定
- ・漏洩 γ 線測定
- ・BF₃カウンタによる中性子測定

「BF₃カウンタによる中性子測定」は、東京都立大学からの参加者が主に医療系の学生であっ

たため、中性子測定に重点を置いたプログラムを開発する中で令和3年度から新たに実習プログラムとして追加したものである。

令和5年度も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、保安教育や原子炉運転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た。また、令和4年度に続き、実習の前後でアンケートを行って実習内容の理解度について調査した。表3.1-2に調査の結果を示す。結果としてすべての項目で実習後に平均点が増加しており、参加学生の理解が進んだことが分かった。さらに、原子力・放射線分野への進学・就職意欲について実習前後で評価した結果を表3.1-3に示す。東海大学のみ、実習参加後に平均点がわずかに下がったが、全体としては原子力・放射線分野への進学・就職意欲が高まったことが分かった。実習参加に対する満足度も表3.1-4に示すように高いことが示された。

参加者からの感想には、自ら原子炉を運転したことへの感動とともに、これまでに座学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することによって理解が深まったことが多く述べられていた。また、実習を通じて基礎知識の必要性・重要性を実感したり、勉強不足を痛感したりしたことが分かり、当初の期待通りの成果を得ることができたと考えられる。表3.1-5に参加学生の主な感想を示す。

残念ながら、東海大学は原子力工学科の廃止により、令和5年度が同学科を対象とした最後の実習となったが、令和6年度以降は広く理工系分野の学生を対象として、原子力への興味・関心を喚起する初学者向けの内容の実習として継続する予定である。また、東京都市大学では、例年定員をはるかに超える参加希望者があり、令和5年度も30名を超える応募があった。そのため、選抜に漏れた学生の一部(6名)を救済するため、高専生のための原子力実習のうち近畿大学で実施した実習に参加させた。令和6年度からは、東京都市大学の実習は2回開催する予定である。

表 3.1-1 原子炉実習「基礎コース」の開催日と参加人数

回	実施日	大学	参加者数		
			学部生	大学院生	合計
1	6月12～13日	名古屋大学	16名	2名	18名
2	7月19～21日	福井大学	14名	1名	15名
3	9月1日	大阪大学	5名	0名	5名
4	9月4日	東京大学	0名	4名	4名
5	9月11～12日	九州大学	12名	3名	15名
6	9月13～15日	福井工業大学	25名	0名	25名
7	9月19～20日	東京都市大学	25名	0名	25名
8	9月28～29日	東京都立大学	5名	6名	11名
9	11月29～12月1日	東海大学	8名	2名	10名
合計			110名	18名	128名

表 3.1-2 実習前後の理解度の評価結果

1：ほとんど知識がない、2：用語を知っている程度、3：理解している部分もあるが分からない部分もかなりある、4：一通り理解している、5：内容を理解し応用することができる

項目	実習前 平均点	実習後 平均点	増減
原子炉の構成要素とその役割について	2.9	3.8	+0.9
原子炉の運転操作について	2.2	3.8	+1.6
原子炉の臨界について	2.9	4.0	+1.1
即発中性子と遅発中性子について	3.0	3.9	+1.0
制御棒校正について	2.7	3.9	+1.2
放射化法による中性子測定について	2.5	3.8	+1.3
放射化と半減期測定について	3.6	4.0	+0.4
原子炉内の中性子束分布について	2.8	3.6	+0.8
Ge 半導体検出器による γ 線スペクトル測定について	2.9	4.0	+1.1
GM 計数管の取り扱いについて	3.2	3.9	+0.7
原子炉運転中の空間線量率測定について	2.3	3.6	+1.3
中性子ラジオグラフィについて	2.5	3.9	+1.4
原子炉停止後の出力変化について	2.4	3.8	+1.4
BF3 カウンタによる中性子測定の原理について	3.3	3.9	+0.6
BF3 カウンタによる中性子測定における壁効果について	3.1	3.7	+0.6
中性子測定における減速材の役割について	3.3	4.3	+1.0

表 3.1-3 実習前後の原子力分野への進学・就職意欲の評価結果

就職・進学先としての原子力・放射線分野について
1：関心をまったくもっていない、2：あまり関心をもっていない、3：ある程度関心をもっている、
4：関心をもっている、5：非常に関心をもっている

大学	名古屋	福井	大阪	東京	福井 工業	東京 都市	九州	東京 都立	東海	平均
実習前 平均点	3.3	3.5	3.0	4.3	3.4	3.6	2.9	3.7	4.9	3.6
実習後 平均点	3.9	4.1	3.5	4.3	3.9	4.0	3.6	4.1	4.7	4.0
増減	+0.6	+0.6	+0.5	0.0	+0.5	+0.4	+0.7	+0.4	-0.2	+0.4

表 3.1-4 実習の満足度評価

今回の実習の満足度について
1：まったく満足していない、2：あまり満足していない、3：どちらともいえない、
4：概ね満足した、5：満足した

大学	名古屋	福井	大阪	東京	福井 工業	東京 都市	九州	東京 都立	東海	平均
満足度 平均点	4.6	4.7	4.5	4.7	4.8	4.6	4.7	4.9	4.9	4.7

表 3.1-5 実習参加者の主な感想

原子炉物理であまり理解できていなかった部分や、授業で理論だけは理解していた部分が数値となって目に見ることが出来て、理解が深まった。(名古屋大)
原子炉実習を通して今までに学習した内容が実際の原子炉でどのように使われているのかを体験することが出来て良い経験になった。(名古屋大)
実際に操作をしながら学ぶことで、これまで数式でしか扱っていなかった事象をより具体性をもって取り組むことができました。ぜひ後輩のためにこれからも同様の機会を作ってあげてほしいと強く感じております。(名古屋大)
制御棒の挿入で遅発中性子の影響を感じれたのがとても印象的だった。(名古屋大)
教科書で習った用語や内容を、実際の現場での測定などによって確認や実感することができ、とても有意義な

<p>経験をする事ができた。(名古屋大)</p> <p>連携力のなさや考察の甘さなど詰め甘さをひしひしと感じた。今回の(経験)を糧に少しでもまともな考察ができるようになりたいと感じました。(福井大)</p> <p>原子炉実習を通して、具体的な運転の知識や技能について深められ、原子力の学びに対する意欲も向上できた。(福井大)</p> <p>2泊3日間の実習で、普段画像や動画のみでしか見たことがなかったが実際に原子炉を運転したり原子炉内で起こっている事象についてもある程度理解することができた。今回の実習で原子炉分野に興味を持つことができた。(福井大)</p> <p>原子炉運転を行い、将来的に運転員になりたいと改めて思った。(福井大)</p> <p>実物を前にして、自分の知識と繋げられる機会が少なく、改めて自分の未熟さを思い知らされた。今回の実習ではかなり基礎的な部分を教えていただいたので、このあたりをまずは自分のものにして、今後の研究に活かしていきたい。(福井大)</p> <p>いままでは教科書や資料などでみることしかなかった原子炉を実際に目にすることができ、感動した。出力が1Wしかないとはいえ、思った以上に大きく、迫力があつた。また、見学だけでなく、自らの操作で制御棒を動かすというとても貴重な体験ができ、原子炉の運転への関心がさらに高まった。今回操作させていただいた原子炉は、研究用ということで、発電用の原子炉とは異なる操作もあつたので、実際の原子炉を操作している様子も見てみたいと思うようになった。非常に貴重な経験をありがとうございました。(大阪大)</p> <p>実際に原子炉を運転する事ができ、今まで学んだ知識をより深く理解できたと思うので良かったです。(大阪大)</p> <p>原子炉の運転について、知識の無い人にも非常に分かりやすい説明でした。(東京大)</p> <p>原子力発電所で中央制御室をガラス越しに見学する機会がありましたが、生で専門の先生から詳しいお話を聞きながら原子炉を操作できたことは良い経験であり、とても良い勉強になりました。今後、原子力専攻で大学院に進む予定なので、原子力分野に微力ながら貢献できるように尽力したいと考えております。(福井工業大)</p> <p>オンラインでこの講習に参加したことがあつたのですが、自ら操作することで規模感や変化を直に見られて良い経験になりました。本学では原子力について多く学んでいるので内容自体は既に理解していたものが多かつたのですが、実際に見てみて知識が繋がったりイメージと違つたこともいくつかあり、非常に勉強になりました。参加できてよかつたです。(福井工業大)</p> <p>約0.6%の遅発中性子が存在することで出力変化の調整が可能になることは理論として知つていたが、実際に自分の手で調整できたことで理論が正しいことを実感し、約0.6%の遅発中性子の影響の大きさを体験でき、印象に残つた。(福井工業大)</p> <p>今回の実習で原子炉を実際に運転するという貴重な体験をした。事前学習の段階ではあまり想像しづらかつた内容も実際に計器の動きや警報の音で視覚的に捉えることで座学よりも内容が理解できた。また、中性子の振る舞いを想像しながら、運転を行うことで、緊張感を持って操作でき、今まで学習した内容を整理することも出来た。今後も座学で学んだ知識を覚えて終わるのではなく、実際に知識を生かしてより知見を深めることに努めたいと感じた。(東京都市大)</p> <p>限られた時間ではありましたが、原子炉を運転するというとても貴重な体験をすることが出来て非常に有意義な時間を過ごすことが出来たと思います。また、今回の実習にて使用した近大炉は教育と研究用ということもあり、あくまで法律の上に成り立っている物ではありますが、実際に学生が原子炉を始動し、臨界に調節、また0.01Wから1Wまでの出力調整もできるという生涯で1度もできないような貴重な体験が出来ました。本実習を受けることが出来たおかげで、原子力関連の企業にもより強く関心を持つことが出来ましたので、本実習にて身につけた測定技術等を生かし、頑張っていきたいと思つています。(東京都市大)</p> <p>実際に制御棒を動かし臨界を実現する経験ができてテキストで学んだ内容を実際の原子炉を通して土台を固めることができた。空間線量率なども実際に測定することで燃料との距離や原子炉周りの線量の違いを印象強く学ぶことができた。近大炉では1W出力故一般の商業用発電炉とは違つた挙動を見せることもあつた。(熱がほとんど発生しないなど)。今後そのような出力の違いにおける原子炉の挙動にも目を向けていきたいと思つた。(東京都市大)</p> <p>実習前に比べて運転における注意点と動作方法、またその原理などを専門用語など含め理解することが出来ました。また、分からない事柄を気軽に質問できる実習環境は原子炉初学者にとってかなり親切だつたように感じました。特に線量測定から放射化の逆を行い、中性子の個数を求める課題で、これまでの学習を実際に応用できる楽しさを味わうことが出来ました。反省点として、事前学習が足りなかつたことです。単語の意味はわかる一方、その利用の知識がなかつたので理解するのに時間がかかりました。(九州大)</p> <p>今回の実習で原子力分野に対する関心が深まりました。原子炉の制御棒を操作することができたのは、非常に貴重な体験で、強く印象に残つています。反省点としては、もう少し予習してから実習に臨むべきだつたと思つています。今後は、原子炉の原理や放射線に関する勉強を行い、今回の実習で行つたことが完全に理解できるよう頑張りたいと思つています。(九州大)</p>
--

<p>実際の原子炉の運転に関わると言う貴重な体験ができ、良い経験になりました。今まではテストのために勉強していたものが実際の現場で活用できることを目の当たりにし、これから研究、勉強するにあたって、意識を変えていこうと思いました。(九州大)</p>
<p>実際に学んだことがどのように活かされているのかがほとんど分からないまま座学を聞いている部分もあり、正直自分の興味の薄い分野についての授業はなかなか身につけにくいですが、今回の実習を通して学んだ内容を実践的な技術の基礎となっていると体感できた点で、今後の自分の学び方にいい影響を与えてくれる気がし、とてもよい経験をさせて頂いたと感謝しています。(九州大)</p>
<p>原子炉運転を教えてくださいととてもわかりやすく、面白く話して下さるため大変学びになりました。他にもたくさんの先生方にお世話になりました。ありがとうございます。病院以外にも選択肢があるということを知る機会となり自分の視野が広がられる体験だったと思います。(東京都立大)</p>
<p>実習内での説明が非常に分かりやすく、実際に測定や運転を行いながら学習したことにより、原子炉についての知識が深まった。また、本実習ではBF₃カウンターの実験にPu-Be中性子源を用いたことによってスペクトルが綺麗に得られたため、壁効果の理解が非常にしやすかった。(東京都立大)</p>
<p>金箔を用いた熱中性子束の測定は実習前よりも理解度が上がったと感じます。しかし、照射後の測定値から熱中性子束を計算するまでの過程の理解がまだ不十分と感じるので、その部分については今後のデータ整理をしていく中で学んでいこうと思います。BF₃カウンタでPu-Be線源を測定する実習を通してパラフィン(減速材)の役割が実際の数値で確認することができたのが、とても印象に残っています。(東京都立大)</p>
<p>原子炉運転や臨界などの原子炉の講義はとても分かりやすく説明して下さり、原子炉の中で何が起きているかということがイメージしやすかった。1W出力の原子炉での実習だったが、他の原子炉で行われていることへの関心や、医療分野への応用への関心も高まった。BF₃カウンタやGM計数管を用いた線量測定実習では、日頃行うことの少ない線量測定を経験できたことで知識が深まった。また、機器の接続や回路の説明など、今後放射線計測を実施する際に重要な知識も教えていただき、病院に就職する自分にとっても有意義な実習になったと思う。(東京都立大)</p>
<p>原子炉を実際に動かすことにより、シミュレーションとの違いを体感できたことは非常に有意義だった。(東海大)</p>
<p>これまで培ってきた原子力分野の知識を使用する場面が豊富にあり、実験結果の発表を行う場に向けての知識の応用や指定されていた考察内容、炉実習・空間線量測定・原子炉運転と停止など実際に機器を触り、考えながら豊富な種類の実習が行えました。今回の実習では全ての経験が印象深く非常に勉強になりました。今後はより原子炉を構成する諸特製や計算方法、現象についてしっかり理解して実習にむけて努力していきたいです。(東海大)</p>
<p>実際に近大炉を運転して、原子炉の起動方法や臨界調整、出力変更などの操作を実際やってみることで制御をする貴重な体験が出来た。また、原子炉運転中の空間線量率を計測してみて原子炉付近の外部被ばくの評価を行ってみて、原子炉の安全性など間近に見ることが出来た。今回の貴重な経験を将来に活かしていきたいと思った。(東海大)</p>
<p>実際に、原子炉を触ることで中性子の役割や制御棒がどのように影響するのか理解を深めることができた。しかし、熱中性子分布における絶対値測定でカドミウムの役割など理解できていない点が多々あったため、復習をして理解を深めたい。このような理解が足りていない点が明確化できたので良い実習になった。(東海大)</p>
<p>理解不足、データ処理の能力、資料をまとめる能力と足りない部分が多く、反省する点が多かった。今後は今までの事を含め知識を深め、作業能力も上げていきたいと思った。規模が小さいといえ、原子炉を動かす事など滅多にない事であったため、とても印象に残った。(東海大)</p>



図 3.1-1 漏洩γ線測定



図 3.1-2 原子炉運転実習 (1)



図 3.1-3 空間線量率測定



図 3.1-4 原子炉運転実習 (2)

3.2. 原子炉実習「中級コース」

令和 5 年度は、KUCA において天然ウランを用いた未臨界実験を行い、UTR-KINKI において臨界実験を行った。

表 3.2-1 原子炉実習「中級コース」の開催日と参加人数

年度	回	実施日	大学		参加者数	
令和 5 年度	KUCA					
	1	6 月 26～30 日	学部生	京都大学	13	
	1	7 月 10 日～12 日	大学院生	東北大学	5	
				九州大学	4	
	2	7 月 12 日～14 日		大阪大学	4	
				長岡技術科大学	4	
					合計	30
	UTR-KINKI					
	1	6 月 26 日～28 日	大学院生	東北大学	4	
				長岡技術科学大学	4	
2	6 月 28 日～30 日	福井大学		3		
		九州大学		4		
				合計	15	
合計					45	

KUCA における天然ウランを用いた未臨界体系において行った実験項目は以下の通りである。

- ・ 保安教育
- ・ KUCA の見学
- ・ 未臨界体系における中性子増倍
- ・ 反応率分布測定
- ・ ウラン濃縮度測定 (学部生のみ)

UTR-KINKI における臨界実験での実験項目は以下の通りである。

- ・ 保安教育
- ・ 原子炉施設の見学
- ・ 原子炉運転実習

- ・ 臨界近接
- ・ 制御棒校正

令和5年度における KUCA での実習後のアンケート（表 3.2-2）の結果、原子炉および放射線に関する理解が深まり、また、中性子の挙動を観察し、中性子の計測方法に触れることができた大変有意義な実習であったという感想が得られた。未臨界体系による実験であったものの、中性子増倍や反応率に関する実験の効果を確認することができた。また、学部生用のプログラムとして新たに追加したウラン濃縮度測定について、高濃縮ウランや劣化ウランに直接触れる重要な機会が得られ、ウラン濃縮度の簡易的な測定方法を体験できたことが大変印象的であったとの感想が得られた。UTR-KINKI での実習後のアンケートでは、実際の原子炉を操作し様々な実験項目の実習を行うことで実験に対する理解が深まり、事前講義および実験前の講義と併せてわかりやすい内容になった。実験結果を用いて炉物理パラメータに関する議論を行い、実験中に原子炉での中性子の挙動を観察することで原子炉の仕組みや炉物理への理解を深めることができた。グループワークや討論会が非常に有意義であったこと、そして、実際の原子炉を運転操作できたことは貴重な体験であったという意見が多くみられた。

表 3.2-2 原子炉実習「中級コース」の育成の定量効果（事前、事後のアンケート結果）

2023年（R5年度）「中級コース」アンケート結果（達成度結果）

KUCA

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
放射線		0	2	8	6	1	0	0	11	4	2	3.4	3.5
中性子束		1	0	11	4	1	0	0	9	6	2	3.2	3.6
中性子増倍		0	1	11	4	1	0	0	9	6	2	3.3	3.6
反応率		0	1	13	2	1	0	0	9	6	2	3.2	3.6
臨界および未臨界		0	3	9	4	1	0	0	8	7	2	3.2	3.6
中性子の計測方法		2	2	8	4	1	0	1	8	5	3	3.0	3.6
原子力への興味*		0	1	3	9	4	0	0	5	7	5	3.9	4.0
実験への期待**		0	0	1	7	9	0	0	1	5	11	4.5	4.6

UTR-KINKI

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
中性子束		0	3	7	5	0	0	0	4	9	2	3.1	3.9
中性子の増倍		0	3	7	5	0	0	0	5	7	5	3.1	4.5
臨界および未臨界		1	3	5	6	0	0	0	2	7	8	3.1	4.9
余剰反応度		2	5	5	3	0	0	0	9	5	1	2.6	3.5
制御棒価値		0	7	7	1	0	0	1	3	7	4	2.6	3.9
即発中性子		0	2	7	4	0	0	1	2	10	2	2.7	3.9
遅発中性子		0	4	8	3	0	0	1	2	10	1	2.9	3.5
原子炉の運転操作		6	4	5	0	0	0	1	2	8	4	1.9	4.0
原子力への興味*		0	1	4	5	5	0	0	6	2	7	3.9	4.1
実験への期待**		0	0	0	6	9	0	0	0	5	10	4.6	4.7

1. ほとんど知識がない
2. 用語を知っている程度
3. 理解している部分もあるが、わからない部分もかなりある
4. 一通り理解している
5. 内容を理解し、応用することができる

- * 1. 関心を全く持っていない
2. あまり関心を持っていない
 3. ある程度関心を持っている
 4. 関心を持っている
 5. 非常に関心を持っている

- ** 1. 全く期待（前）/満足（後）していない
2. あまり期待（前）/満足（後）していない
 3. どちらでもない
 4. 概ね期待（前）/満足（後）した
 5. 期待（前）/満足（後）した



図 3.2-1 KUCA での中性子増倍測定の様子。



図 3.2-2 KUCA における反応率測定の様子。



図 3.2-3 UTR-KINKI での講義の様子。



図 3.2-4 UTR-KINKI での修了式の様子。

3.3. 原子炉実習「上級コース」

令和 4 年度までに開発した実習プログラムやテキストを活用して、令和 5 年度も上級コース実習に向けた遠隔講義形式の事前講義（図 3.3-1）を実施した。上級コース実習で実施する炉雑音解析手法（Feynman- α 法）のような高度な分析手法について、受講生が事前に技術を習得することができるよう、令和 4 年度までに整備した Google Colaboratory を活用した Python プログラム演習教材（図 3.3-2）を事前講義の演習内容として盛り込んでいる。

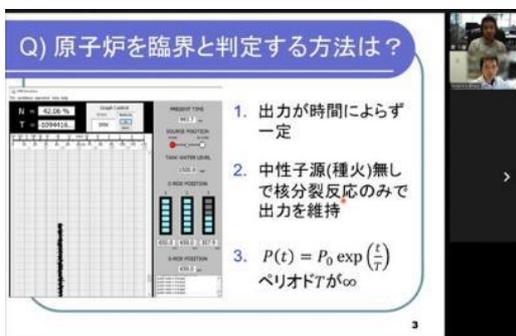


図 3.3-1 遠隔講義形式の事前講義風景



図 3.3-2 Google Colaboratory による演習

事前講義を実施した後、UTR-KINKI における上級コース実習を開催した。令和 5 年度の上級コース実習の開催日および参加人数を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 原子炉実習「上級コース」の開催日と参加人数

年度	実施日	大学	参加者数
			大学院生
令和5年度	7月4日～7日	北海道大学	3
		東海大学	2
		名古屋大学	4
		福井大学	2
	合計	11	

ここで、4日間のスケジュールで実施した上級コース実習項目は以下のとおりである。

- ・ 保安教育、原子炉見学（1日目午前）
- ・ 臨界近接（1日目午後）
- ・ 制御棒校正：落下法、炉周期法（2日目）
- ・ 未臨界度測定：Feynman- α 法（3日目）
- ・ 討論会、実験レポート作成（4日目）

なお、上級コース実習では課題解決型（Problem-Based Learning, PBL）の炉物理実験を実施できるよう実習に取り組んでおり、以下2項目が特記事項となっている。

- ① 中性子源増倍法による制御棒価値測定：限られた上級コース実習時間内で UTR-KINKI のシム安全棒の制御棒反応度価値曲線を求める方法として、臨界近接実験時に測定された中性子計数率を再利用し、中性子源増倍法により各制御棒位置における負の反応度を推定した。
- ② 逆増倍法と原子炉雑音測定を組み合わせた未臨界度測定：東京電力福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出し作業時のような、体系に関する核的情報（例：一点炉動特性パラメータ、外部中性子源強度）が不明な場合でも、炉雑音測定の結果のみから未臨界度を求める方法について検討した。具体的には、制御棒パターンを変えた複数の未臨界体系*i*に対して Feynman- α 法により即発中性子減衰定数 α_i を求めた後、横軸を計数率の逆数 $1/R_i$ 、縦軸を α_i とした逆計数率曲線に基づいて臨界時の即発中性子減衰定数 $\alpha_{crit} = \beta_{eff}/\Lambda$ を推定し、Simmons-King法により各体系の未臨界度を推定した。

なお、令和5年度に実施した上級コース実験結果については、実習に参加した大学院生に理解の深化を促すため、臨界安全国際会議 ICNC2023 において、参加した大学院生自らが成果をポスター発表する機会を設けた（Shunya Teratani, Yoshinari Harada, Kaito Mori, Yoshiki Yamashita, Tomohiro Endo, G. Chiba, “Problem-based Learning Program of Reactor Physics Experiment to Measure Subcriticality for an Unknown System,” The 12th International Conference on Nuclear Criticality Safety (ICNC2023), Sendai, Japan, Oct. 1–6, 2023）。

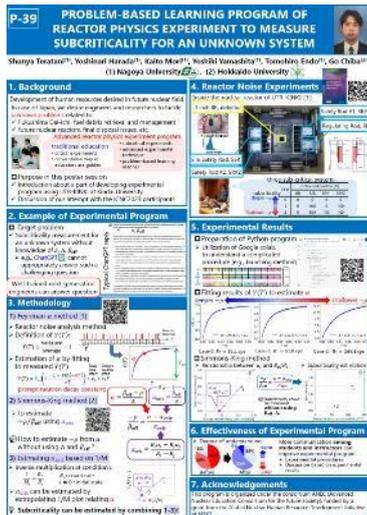


図 3.3-3 国際会議で発表したポスター

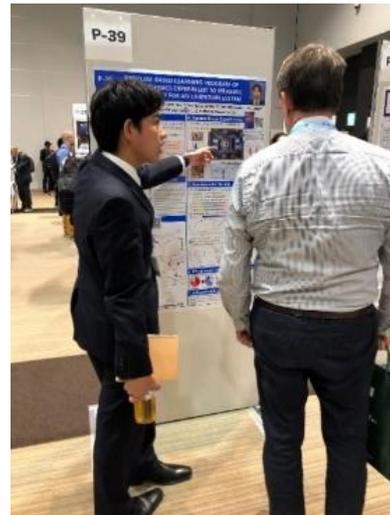


図 3.3-4 ポスター発表風景

上級コースの実習前後に実施したアンケート結果を表 3.3-2 に示す。表 3.3-2 より、全 6 項目（未臨界状態の原子炉の振る舞い、臨界状態及び臨界近傍の原子炉の振る舞い、原子炉の臨界近接操作、制御棒反応度値の校正方法、原子炉雑音データの活用、原子炉における中性子の計測及びデータ処理）について、参加した大学院生の理解度が大きく向上したことを確認できた。また、アンケートの自由記載欄に回答された参加した大学院生の感想の例は、以下のとおりであった。

- ・ 実際に原子炉の計測・解析を行える貴重な機会を頂けて、非常に良い勉強になりました。事前講義で手厚く教えてくださったお陰で理解も捗りました。
- ・ 事前講義と実際の原子炉を使用した実験で原子炉物理に関する理解が深まったと感じた。特に炉雑音に関する部分はこれまで触れたことがほとんどなかったため深く理解が進んだ。
- ・ 他の大学の人と共同で実験を行ったことは自分の資質を向上させる良いきっかけになったと感じた。
- ・ 事前講義も含めて炉物理に関する学習ができたことは勿論ですが、それ以外にも実際に実験結果が出た際にその後の実験手順や考察について自分たちで議論し臨機応変に決めることができた点が印象に残っています。

以上のアンケート結果より、参加学生間で議論をしながら主体的に実験を実施することができるよう試作し、継続的に改良し続けている本実習プログラムが、参加した大学院生の理解を深める上で有効であることを確認できた。

次年度以降の上級コース実習プログラムの改良に関する追加検討として、臨界近接実験時に UTR-KINKI の原子炉バーチャル・コンソールで取得された実験データを再利用した動的制御棒価値測定に関する予備検討も実施した。本予備検討で得られた成果については、アジア炉物理国際会議 RPHA2023 にて口頭発表した（Tomohiro Endo, Go Chiba, Kenichi Watanabe, Cheol Ho Pyeon, Genichiro Wakabayashi, “Feasibility Study on Subcritical Rod Worth Measurement for UTR-KINKI,” Reactor Physics Asia 2023 (RPHA2023), Gyeongju, Korea, Oct. 24–26, 2023）。

表 3.3-2 原子炉実習「上級コース」の育成の定量効果（事前、事後のアンケート結果）

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
未臨界状態の原子炉の振る舞い		0	1	8	2	0	0	0	0	9	2	3.1	4.2
臨界状態及び臨界近傍の原子炉の振る舞い		0	1	6	4	0	0	0	0	7	4	3.3	4.4
原子炉の臨界近接操作		1	1	7	2	0	0	0	0	8	3	2.9	4.3
制御棒反応度価値の校正方法		2	4	4	1	0	0	0	0	7	4	2.4	4.4
原子炉からの雑音データの活用		5	4	2	0	0	0	0	4	6	1	1.7	3.7
原子炉における中性子の計測及びデータ処理		3	2	6	0	0	0	0	1	7	3	2.3	4.2

3.4. 実習教科書の整備

KUCA の低濃縮化に対応した実習教科書について、教科書の構成、執筆内容、執筆者と役割分担を決め、和文教科書については草稿の執筆および校正が終了した。また、英文教科書については執筆が開始され、草稿の執筆がほぼ終了した。

3.5. 高専生のための原子力実習

令和 5 年度は前年度に引き続き対面での実習を開催することができた。表 3.5-1 に実習の開催日と参加者数を示す。高専からの参加希望者が少なく定員に余裕があったため、実習参加を希望しながら参加できなかった東京都市大学の学生に実習参加の機会を提供することとし、6 名の学生が近畿大学で実施する実習に参加した。

表 3.5-1 高専生のための原子力実習の開催日と参加者数

実施日	学校	参加者数	合計
8 月 21～25 日	長岡工業高等専門学校	1 名	10 名
	福島工業高等専門学校	1 名	
	岐阜工業高等専門学校	2 名	
	東京都市大学	6 名	

(1) 近畿大学における実習

令和 5 年度は、前年度に続き、基礎的な原子炉物理、放射線物理に関する実習を対面で実施した。また令和 4 年度までの反省として、参加する高専生には実習参加後のレポート提出や発表等が課せられておらず、そのため実習で取得した実験データ等も解析されないままになっていたことから、令和 5 年度については実習期間中にデータ解析や発表の時間を設けることとした。実習スケジュールを表 3.5-2 に示す。

実習前後でアンケートを行い、実習内容の理解度について調査した結果を表 3.5-3 に示す。結果からすべての項目で実習後に理解が進んだと考えていることが分かった。また、就職・進学先としての原子力・放射線分野については（1：関心をまったくもっていない、2：あまり関心をもっていない、3：ある程度関心をもっている、4：関心をもっている、5：非常に関心をもっている）、実習前の平均点 3.7 に対し、実習後は 4.3 に増加しており、就職・進学意欲が高まったこ

とが分かった。実習に対する満足度（1：まったく満足していない、2：あまり満足していない、3：どちらともいえない、4：概ね満足した、5：満足した）についても平均点が4.8ときわめて高かった。表 3.5-4 に参加者の主な感想を示す。

表 3.5-2 実習スケジュール

日	時間	内容
8月21日(月)	9:30-9:50	開会挨拶・諸連絡、参加者自己紹介、事務手続き
	9:50-10:20	【講義】保安教育
	10:20-10:30	休憩
	10:30-11:20	原子炉見学
	11:20-11:30	休憩
	11:30-12:20	【講義】臨界近接
	12:20-13:20	昼食
	13:20-16:20	【実習】臨界近接
	16:20-17:30	データ整理・発表準備
8月22日(火)	9:30-10:20	【講義】原子炉運転
	10:20-10:30	休憩
	10:30-12:30	【実験】原子炉運転 ・起動→出力上昇→臨界→出力変更→停止 ・空間線量率測定 ・スクラム実験
	12:30-13:30	昼食休憩
	13:30-14:20	【講義】放射化と半減期測定
	14:20-14:30	休憩
	14:30-16:00	【実験】放射化と半減期測定
	16:00-17:30	データ整理
8月23日(水)	9:30-11:00	【実習】中性子ラジオグラフィ
	11:00-15:00	データ整理・発表準備
	15:00-16:00	発表会
	16:00-16:30	修了証授与・閉会挨拶

表 3.5-3 実習前後の理解度の評価結果

1：ほとんど知識がない、2：用語を知っている程度、3：理解している部分もあるが分からない部分もかなりある、4：一通り理解している、5：内容を理解し応用することができる			
項目	実習前 平均点	実習後 平均点	増減
原子炉の構成要素とその役割について	2.7	4.0	+1.3
原子炉の運転操作について	1.4	3.8	+1.4
原子炉の臨界について	2.7	4.0	+1.3
中性子による放射化反応について	2.6	3.8	+1.2
GM 計数管の取り扱いについて	2.3	4.2	+1.9

放射能と半減期について	3.3	4.0	+0.7
中性子ラジオグラフィについて	2.0	4.1	+2.1

表 3.5-4 実習参加者の主な感想

専門的な話がたくさん出てきて、混乱することもあったが、ある程度理解することができました。自信を持って質問できるくらいの知識を身につけたいと思いました。高専の授業では学ぶことが出来ない、貴重な体験が出来ました。ありがとうございます。
先生方に分かりやすく教えて頂き、楽しく実習ができました。ほとんど原子力について知識がない状態で参加しましたが、講義→実験の順番でゆっくり進めてくださったことで頭にしっかり残って実習を終えることができました。
他の原子力関係の研修に比べ、見学や講義を聞くだけでなく、実際に運転の体験をしたり高度なシミュレーションに触れたり、学びをまとめて発表し聞いてもらえる時間があつたりと、実習がとても充実していて多くのことを楽しく学ぶことができた。
実習を担当して下さいました先生方が優しく丁寧に教えてくれて非常に楽しく実習ができた。原子炉の運転、スクラムなど普段絶対にできない貴重な体験をすることができてよかった。
1W でも原子炉を運転する機会はほとんどないので今回貴重な体験ができて良かった。中性子ラジオグラフィなど言葉では理解していても実際に実験することはなかったので理解がより深まった。今回学んだことをこれからの学習に役立てたい。



図 3.5-3 臨界近接実験



図 3.5-4 発表会の様子

(東海大学における実習)

令和5年度には、令和4年度に行ったプログラムを改良し、SARSによる実習を東海大学湘南キャンパスにて対面で令和5年8月24～25日(2日間)に行った。令和5年度の実習スケジュールを表3.5-5に、本実習中の状況を図3.5-5にそれぞれ示す。本実習の内容は「3.7. 発電炉シミュレータ実習」と同様としたが、高専生向けに解説を加えて行った。

参加者は本科生3-4年生のため、実習全体がスムーズに進められた。実習後にアンケート調査を実施した結果、「満足度は平均4.5(満点5)」であった。

参加した高専生は各学内規程により単位取得を申請した。

表 3.5-5 令和5年度発電炉シミュレータ実習スケジュールと参加者数(高専生)

日付	時間	プログラム
8月24日(木)	9:00-12:00	講義1: 原子力発電プラント PWR/BWR の構造と機能 講義2: 原子炉シミュレータ SARS の概要と機能
	12:00-13:00	昼休

	13:00-17:00	実習 1 : SARS の操作習熟 実習 2 : PWR の事故解析と解析結果の考察
8 月 25 日 (金)	9:00-12:00	実習 3 : BWR の事故解析と解析結果の考察
	12:00-13:00	昼休
	13:00-16:00	講義 3 : 発電炉の事故例と対応 講義 4 : 研究・実験用原子炉の状況 まとめ

実施場所	参加大学	参加者数	計
東海大学湘南キャンパス	岐阜工業高専	2 名	5 名
	長岡工業高専	1 名	
	福島工業高専	1 名	
	長岡工業高専教員(引率)	1 名	



図 3.5-5 令和 5 年度 SARS を用いた実習(高専生)の状況.

高専生のための原子力実習は、これまで 5 日間のプログラムとして実施してきたが、参加希望者がきわめて少ない状況が続いていることや、高専側での事前・事後学習等のサポートが困難であることから、令和 6 年度以降は原子力への興味・関心を喚起する初学者向けの内容の実習として、近畿大学において 1 泊 2 日の実習として開催する予定である。

3.6. 廃棄物計測・信頼性工学実習

令和 5 年度は信頼性工学の基礎実習、放射性廃棄物計測に関する実習を行った。また見学会を実施した。

表 3.6-1 令和 5 年度の施行スケジュール

	実施日	参加人数	備考
信頼性工学基礎実習 1 回目	令和 5 年 8 月 31 日	11 名	対面実施
信頼性工学基礎実習 2 回目	令和 5 年 12 月 25 日	10 名 (うち福井大学 1 名)	対面実施
廃棄物計測実習 1 回目	令和 5 年 9 月 1 日	11 名	対面実施
廃棄物計測実習 2 回目	令和 5 年 12 月 27 日	10 名 (うち福井大学 1 名)	対面実施

見学会	令和5年12月26日	20名（うち福井大学1名）	対面実施
-----	------------	---------------	------

・信頼性工学基礎実習

実習は8月及び12月の2回にわたり東京都市大学の王禅寺キャンパス原子力研究所にて実施した。各回とも実施内容は共通であり、前半が主に統計処理とし後半がシステム信頼性評価という内容で実施した。前半の統計処理は人口動態のデータより平均寿命や各年齢における死亡率などのパラメータを計算する内容であり、後半の信頼性評価は、直列システムや並列システムの信頼度の評価手法を学び、これを踏まえて、これらを組み合わせた複雑系の信頼度を評価した。

・放射性廃棄物計測実習

計測実習も9月及び12月の2回にわたり東京都市大学の王禅寺キャンパス原子力研究所にて実施した。各回とも内容は共通であり、午前中は講義として、放射性廃棄物の分類やその取扱いに関する日本の現状、HPGe 検出器によるガンマ線計測、最小検出可能量などの放射性廃棄物と放射線計測に関する講義を行った。午後は原子力研究所の炉室にて、HPGe 半導体検出器を用いてガンマ線計測の実施と、黒鉛サンプルを対象に放射性物質濃度の評価を行った。

研究施設での放射性廃棄物取り扱いの実態を見学するため、12月に貸切バスにより日本原子力研究開発機構（大洗）の廃棄物関連施設（ α 固体貯蔵施設、 α 固体処理棟、固体廃棄物減容処理施設）の見学会を行った。



図 3.6-1 信頼性工学実習の最初の講義の様子



図 3.6-2 放射性廃棄物計測実習において黒鉛を炉室にて測定している様子



図 3.6-3 見学会における集合写真

・実習アンケート結果

実習実施後、Microsoft Forms を通じてアンケートを受講生に対して行った。1 回目参加者 8 名、2 回目参加者 5 名から回答があった。

信頼性工学基礎実習に関しては、難易度は「普通」「やや易しかった」が 6 名ずつで、「易しかった」との回答が 1 名であった。今年度の難易度は若干易しかったと考えられる。また有用性の項目では、「受講して有益だった」と「やや有益だった」と答えた学生が合わせて 11 名であり、「普通」と答えた 1 名と合わせて考えると、有益であると受講生は判断していると考えられる。

廃棄物計測実習に関しては、難易度は「普通」の回答が最も多かったものの、「やや易しかった」が 2 名、「易しかった」が 1 名ずつおり、去年度は難しいと答えた学生がいたことを合わせて考えると、今後は内容としてももう少しチャレンジングな課題に取り組むことも考えられる。また有用性の項目では、「受講して有益だった」との回答が 7 名、「やや有益だった」2 名、「普通」4 名との回答があり、受講生としては有益であると判断していると考えられる。

見学会に関しては、自由記載欄に「今まで、放射性物質の保管が厳重だということを知識では知っていたが、実際に保管所を見学してより理解が深まった。」「免許証を忘れた人は一部の施設に入れない点に安心しました」「見学の際、施設稼働後に入ることができない場所に入ることができたことが貴重な体験だった。」との意見が寄せられており、見学時間の短さに不満を述べている学生も 1 名いた結果となった。

3.7. 発電炉シミュレータ実習

令和 5 年度には、令和 4 年度に行ったプログラムを改良し、SARS による実習を東海大学湘南キャンパスにて対面で令和 5 年 8 月 28～29 日（2 日間）に行った。令和 5 年度の実習スケジュールと参加者数を表 3.7 に、本実習中の状況を図 3.7 に、それぞれ示す。本実習で事故解析は、加圧水型原子炉 PWR（Pressurized Water Reactor）の冷却水喪失事故（LOCA: Loss of Coolant Accident）を、沸騰水型原子炉 BWR（Boiling Water Reactor）の全電源喪失事故（SBO: Station Black Out）を、それぞれ対象とした。今年度の改良によって BWR で運転サイクル初期（BOC）と末期（EOC）に SBO が発生した場合の炉心損傷の差異について理解が深められ、基礎知識と専門知識も豊富

な参加者は積極的に事故解析に取り組み、互いに議論した。実習後にアンケート調査を実施した結果、「参加者の満足度は平均 5（満点 5）」であった。

表 3.7 令和 5 年度発電炉シミュレータ実習スケジュールと参加者数（大学院生・社会人）

日付	時間	プログラム
令和 5 年 8 月 28 日（月）	9:00- 12:00	講義 1：原子力発電プラント PWR/BWR の構造と機能 講義 2：原子炉シミュレータ SARS の概要と機能
	12:00-13:00	昼休
	13:00-17:00	実習 1：SARS の操作習熟 実習 2：PWR の事故解析と解析結果の考察
令和 5 年 8 月 29 日（火）	9:00-12:00	実習 3：BWR の事故解析と解析結果の考察
	12:00-13:00	昼休
	13:00-16:00	講義 3：発電炉の事故例と対応 まとめ

実施場所	参加大学	参加者数	計
東海大学湘南キャンパス	福井大学大学院	1 名	5 名
	徳島大学大学院	1 名	
	北海道大学大学院教員	1 名	
	社会人	2 名	



図 3.7 令和 5 年度 SARS を用いた実習（大学院生）の状況

3.8. 慶熙大学校原子炉実習

令和 4 年度後半から COVID-19 感染拡大による渡航制限が緩和されたため、令和 5 年度は予定通り夏季に実習を開催することができた。定員 12 名を大きく上回る応募があったため、慶熙大学校の担当者との相談の上定員を 2 名追加して 14 名までとし、参加者を選抜した。

表 3.8-1 慶熙大学校原子炉実習の開催日と参加人数

実施日	大学	参加者数		
		学部生	大学院生	合計
令和5年8月7～10日	近畿大学	10名	－	10名
	名古屋大学	3名	－	3名
	東海大学	1名	－	1名
合計		14名	0名	14名

実習項目は次のとおりである。

- 保安教育
- 原子炉運転
- 原子炉内中性子束分布測定
- 臨界近接
- 温度係数と反射体効果の測定
- プレゼンテーションとディスカッション

実習指導・講義等は全て英語で行い、必要に応じて日本語でサポートした。

表 3.8-2 に令和5年度の実習スケジュールを示す。

表 3.8-2 令和4年度の実習スケジュール

日	時間	内容
8月7日(月)	午前	日本各地から仁川空港へ移動(飛行機)
	13:30-15:00	仁川空港から慶熙大学校へ移動(貸切バス)
	15:00-16:00	開校式・施設紹介
	16:00-17:00	保安教育・原子炉見学
	17:00-20:00	歓迎会
8月8日(火)	9:00-10:00	講義① 原子炉運転と臨界
	10:00-12:00	実習① 原子炉運転実習
	12:00-13:00	昼食
	13:00-14:00	講義② 臨界質量の測定
	14:00-16:00	実習② 臨界近接実験
	16:00-	実験データのまとめ・プレゼンテーションの準備
8月9日(水)	9:00-10:00	プレゼンテーションと議論
	10:00-11:00	講義③ 放射化分析
	11:00-12:00	実習③ 熱中性子束分布測定
	12:00-13:00	昼食
	13:00-14:00	講義④ 温度フィードバックと反射体効果
	14:00-16:00	実習④ 温度係数と遮蔽効果の測定

	16:00-	実験データのまとめ・プレゼンテーションの準備
8月10日(木)	9:00-10:00	プレゼンテーションと議論
	10:00-11:00	閉校式
	11:00-14:00	自由時間
	14:00-16:00	慶熙大学校から仁川空港へ移動(貸切バス)
	16:00-	仁川空港から日本各地へ移動(飛行機)

表 3.8-3 に実習参加者の主な感想を示す。実習後のアンケートの結果、原子炉運転や臨界近接実験等、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、難易度に関しては多くの参加者が英語によるプレゼンテーションとディスカッションが難しかったと回答していた。また、有益度について尋ねた質問では、すべての実習項目について有益であるとの結果が得られた。実習についての感想では、英語力不足を痛感した、コミュニケーション能力の必要性を感じた、英語をもっと勉強したいといった感想が多く、外国人講師・学生との共同作業を通じて英語の重要性を痛感し、大きな刺激を受けたことが分かった。

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り、国際交流と人脈形成の観点も含め、これからも本実習を国際人材育成に活かしていきたい。

表 3.8-3 実習参加者の主な感想

自分の英語力の無さを痛感した。今後大学院に進学したり、海外で仕事をしようと考えているが、このままでは話にならないのでこれから毎日コツコツと英語学習をします。
英語でのコミュニケーション能力の向上が必要だと感じた。
特に英語を使う面での課題を感じました。今後の改善点としたいです。
自分の基礎英語力の低さを痛感した



図 3.8-1 慶熙大学校原子炉の運転



図 3.8-2 放射化した金線の測定

3.9. 原子炉実習「国際コース」

原子力を専攻する海外の大学院生、及び国内の大学の若手教員・大学院生を対象として、UTR-KINKI を使った原子炉物理実習を開催した。使用言語は英語とし、原子炉物理に関する基

礎的な知識と実験技術を習得するとともに、国際コミュニケーション能力を養成した。京都大学は、受講前の事前講義をリモートで行い、実験を開始する前の講義および実験の運営を担当した。

表 3.9-1 原子炉実習「国際コース」の開催日と参加人数

実施場所	実施日	参加者数
		若手教員
近畿大学	12月19日～22日	慶熙大学校：大学院生 2名
		ソウル大学校：大学院生 4名
		韓国科学技術院：大学院生 5名
		浦項工科大学校：大学院生 2名
		精華大学：大学院生 2名
		北海道大学：若手教員 1名
		近畿大学：若手教員 2名
	合計	18名

UTR-KINKIにおいて行った実験項目は以下の通りである。

- ・ 臨界近接
- ・ 制御棒校正
- ・ 未臨界度測定
- ・ 運転実習

実習前後のアンケート結果より、炉物理実験における基本的なパラメータである中性子束、中性子スペクトル、中性子増倍、未臨界、超臨界および臨界状態での原子炉の振る舞い、余剰反応度、制御棒価値、即発中性子、遅発中性子、未臨界度、即発跳躍などについての理解が深まったとの回答が得られた。また、炉物理の専門知識の一部である随伴中性子束についての議論が若手教員などによって誘導され、座学と実験との融合が効果的に行われたことを確認することができた。実験後の感想として、実験プログラムは大変有意義で成功裏に、そして楽しく行われたとの意見が多数を占め、来年度以降も引き続き行うことで意見をまとめることができた。

表 3.9-2 原子炉実習「国際コース」のスケジュール

Reactor Physics Asia Experiment Program in 2023 (RPHA-XP: α XP 2023)
 (with ANEC International Course in 2023 by MEXT @ Kindai University)

	12/18 (Mon)	12/19 (Tue)	12/20 (Wed)	12/21 (Thu)	12/22 (Fri)
8		9:00 Join (@Guest house)	9:00 Join (@Guest house)	9:00 Join (@Guest house)	9:00 Join (@Guest house)
9		9:30 - 10:00 Lecture #1 Reactor operation	9:30 - 10:00 Lecture #3 Control rod calibration	9:00 - 12:30 Preparation of presentation	9:00 - 11:30 Report writing
10		10:00 - 10:30 Safety regulation	10:00 - 12:30 Experiment #3 Control rod calibration	Report writing	
11		10:30 - 12:30 UTR tour			11:30 (Due time) Report to Prof. Pyeon
		Experiment #1 Reactor operation			11:30 - 12:00 Closing session
12		12:30 - 13:30 Lunch	12:30 - 13:30 Lunch (sponsored by Kindai Univ.)	12:30 - 13:30 Lunch	
13		13:30 - 14:30 Lecture #2 Approach to criticality	13:30 - 14:30 Lecture #4 Subcriticality	13:30 - 16:00 Presentation (Data sharing with all)	
14		14:30 - 17:00 Experiment #2 Approach to criticality	14:30 - 16:00 Experiment #4 Subcriticality		
15					
16			Break	16:00 - Last Report writing	
			16:30 - 17:30 Wrap-up meeting (Data sharing with all)		
17		Break			
		17:30 - 18:30 Wrap-up meeting (Data sharing with all)	17:30 - Last Report writing		
18	18:00 - 18:30 Opening session (Guest house)	18:30 - Last Report writing			

表 3.9-3 原子炉実習「国際コース」の育成の定量効果（事前、事後のアンケート結果）

UTR-KINKI (General)

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
中性子束		0	1	3	3	9	0	0	1	1	14	4.3	4.8
中性子スペクトル		0	2	3	2	9	0	0	1	1	14	4.1	4.8
中性子増倍		0	1	2	2	11	0	0	0	2	14	4.4	4.9
臨界および未臨界		0	1	2	2	11	0	0	0	1	15	4.4	4.9
余剰反応度		0	2	2	1	11	0	0	0	1	15	4.3	4.9
制御棒価値		0	2	2	3	9	0	0	0	1	15	4.2	4.9
即発中性子		0	1	2	2	11	0	0	0	2	14	4.4	4.9
遅発中性子		0	1	2	3	10	0	0	0	2	14	4.4	4.9
未臨界度		0	1	2	3	10	0	0	0	1	15	4.4	4.9
即発跳躍		1	1	4	2	8	0	0	0	1	15	3.9	4.9
随伴中性子束		3	1	5	4	3	0	0	3	4	9	3.2	4.4
原子炉の運転		0	5	5	4	2	0	0	0	2	14	3.2	4.9
原子力への興味*		0	0	1	9	6	0	0	0	2	14	4.3	4.9
実験への期待**													

1. ほとんど知識がない
2. 用語を知っている程度
3. 理解している部分もあるが、わからない部分もかなりある
4. 一通り理解している
5. 内容を理解し、応用することができる

- * 1. 関心を全く持っていない
2. あまり関心を持っていない
 3. ある程度関心を持っている
 4. 関心を持っている
 5. 非常に関心を持っている

- ** 1. 全く期待（前）/満足（後）していない
2. あまり期待（前）/満足（後）していない
 3. どちらでもない
 4. 概ね期待（前）/満足（後）した
 5. 期待（前）/満足（後）した



図 3.9-1 UTR-KINKI での講義の様子



図 3.9-2 UTR-KINKI での実験の様子

3.10. IAEA 原子力安全基準研修

令和5年度には国際原子力機関 IAEA および国内の専門家(NRA、東海大学)を講師とする原子力安全基準に関する研修を、東海大学湘南キャンパスにて対面およびオンライン併用で令和6年3月11日～14日(4日間)に行った。使用言語は英語とし、講義資料などを事前に配布した。令和5年度の研修スケジュールと参加者数を表3.10に、本研修中の状況を図3.10に、それぞれ示す。大学生・院生9名、社会人62名が参加し、そのうち国外(アジア)から29名が参加した。対面参加者数は27名、オンライン参加者数は44名で、オンライン参加者が対面参加者より多かった。各講演終了後に質疑応答を設け、講師と参加者で活発な議論が行われ、参加者の理解が深められた。研修終了後に行ったアンケート調査の結果、「本研修に満足した：97%」、「講義内容が役立った89%」であった。

表 3.10 令和5年度 IAEA 原子力安全基準研修スケジュールと参加者数

日付	プログラム
令和6年 3月11日(月)	1. Safety Standards, Safety Fundamentals (SF-1) IAEA 2. Leadership and Management for Safety (GSR Part 2) IAEA 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (GSR Part 3) IAEA Q & A
令和6年 3月12日(火)	4. Site Evaluation for Nuclear Installations (SSR-1) IAEA 5. Design of Nuclear Installations Against External Events (SSG-67&SSG-68) IAEA 6. Safety of Nuclear Power Plants: Design (SSR-2/1 Rev.1; including TECDOCs) IAEA 7. Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation (SSR-2/2 Rev.1) IAEA Q & A
令和6年 3月13日(水)	8. Safety Assessment for Facilities and Activities - GSR Part 4 (Rev.1) & Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plant - SSG-2 (Rev.1) IAEA 9. Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants (SSG-54) IAEA 10. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency - GSR Part 7 IAEA 11. The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations and the IAEA Safety Standards Tokai University Q & A
令和6年 3月14日(木)	12. NSS-OUI (Including Q & A) IAEA 13. Overview of Nuclear Regulatory Inspection Program NRA Q & A

年度	参加大学	参加者数	計
令和5年度	東海大学	9名	14名
	東北大学	1名	
	静岡大学	1名	
	インドネシアガジャ・マダ大学	2名	
	タイスララー工科大学	1名	
	社会人（国内、国外）	57名	57名



図 3.10 令和5年度 IAEA 原子力安全基準研修の状況

3.11. 原子力業界探求セミナー

令和5年度は、冬季インターンシップ開催前の学生が参加しやすい時期として、11月の土曜日の午後にオンライン形式で開催した。TV会議システムはZoomを使用し、参加学生はANECに参画する大学、高等専門学校から募集した。参加企業の募集とセミナーの運営には日本原子力産業協会の協力を得た。

表 3.11-1 原子力業界探求セミナーの開催日、参加企業・機関数及び参加登録者数

開催日時	参加企業・機関数	参加登録者数
11月18日（土）13:00-15:50	10社	25名

セミナーには17社が参加した。最初に10社が3分ずつのプレゼンテーションを行った後、25分の個別説明会を5回行う構成とした。

参加企業は以下のとおりである。

- 日本原子力研究開発機構
- 原子力発電環境整備機構
- 株式会社アトックス
- 株式会社関電工
- 関電プラント株式会社
- 株式会社木内計測

- 原電エンジニアリング株式会社
- 株式会社ナイス
- 日本原燃株式会社
- 株式会社 NESI

セミナー開催後には、参加学生に対してアンケートを行った。参加学生からは、「説明が分かりやすく、インターンや見学の情報も知ることができたのでとても良かった」、「インターネットで調べるだけでは知り得ないことがたくさん聞けてよかった」などの感想があり、原子力分野への関心を増し、インターンに関する情報を得ることができたことが伺われた。

本セミナーを計画した背景として、令和2年度の本事業開始時には原子力産業セミナーが春季のみに開催されており、冬季インターンシップの周知のために秋季のセミナー開催を希望する企業が多く、その要望に応える形で秋季のセミナーを企画した経緯があった。その後、原子力産業セミナーが秋季に開催されるようになったため、当時の COVID-19 感染防止対策とともに、遠方から原子力産業セミナーに参加することが困難な学生を対象としたオンラインセミナーとして開催することになった。しかしながら、その後他のオンライン就職セミナーも同時期に開催されるようになったことから、検討の結果、本事業における「原子力業界探求セミナー」は役割を終えたと判断した。したがって、本セミナーの開催は令和5年度までとし、令和6年度からは開催しない予定である。



図 3.11-1 セミナー開催時の様子



図 3.11-2 セミナー開催案内チラシ

4. 結言

本事業では、国内に残された貴重な原子炉施設である UTR-KINKI と KUCA を利用した実習を連携させ、体系的に再編・強化するとともに、両原子炉施設を利用する大学がもつ原子力教育リソースを相互に提供して教育機能を補い合う拠点を形成した。令和 4 年度までは COVID-19 感染拡大の影響で、感染対策をしながら実施することが求められたが、令和 5 年度にはほぼ制限がなくなり、当初計画していた事業を全面的に展開することができた。

令和 3 年度から始まった KUCA の低濃縮化による運転停止は令和 5 年度も続き、KUCA を利用した臨界実験は引き続き実施できない状況であった。しかし、UTR-KINKI と KUCA が連携する本事業の枠組みにより、KUCA で実施予定であった実習プログラムを UTR-KINKI で実施することができ、空白期間を作らずに実習教育を継続することができた。また、KUCA においては、天然ウランの未臨界体系を用いた実習を開発して原子炉実習中級コースの一部として組み込んだ。UTR-KINKI では、昨年度までに整備した実習教科書を活用し、基礎コース、中級コース、上級コースに再編された原子炉実習を計画通りに実施することができた。

教育リソースの活用としては、東京都市大学が提供する「廃棄物計測・信頼性工学実習」、東海大学が提供する「発電炉シミュレータ実習」、高専機構・近畿大学・東海大学が開催する「高専生のための原子力実習」が計画通り開催され、いずれも対面で実習を実施することができた。

国際人材育成としては、「慶熙大学校原子炉実習」、「IAEA 国際基準研修」を計画通り実施した他、今年度は「原子炉実習国際コース」を初めて開催することができた。

産学連携に関する事業としては、「原子力業界探求セミナー」をオンライン開催し、原子力関連企業・機関 10 社にご参加いただき、参加学生にインターンシップ情報等を提供することができた。

次年度以降も本事業で開発した教育プログラムを継続的に改善・発展させ、原子力専門教育の強化と原子力産業界及び原子力アカデミアへの人材供給に貢献していきたい。