

令和2年度－令和4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」

成果報告書

令和6年3月

国立大学法人 東北大学

## 目次

1. 事業の概要 .....	1
1.1. 背景（当該事業公募要領から引用） .....	1
1.2. 目的 .....	1
2. 事業計画 .....	2
2.1. 令和2年度から令和4年度における計画及び業務の実施方法 .....	2
3. 令和2年度から令和4年度における成果 .....	5
3.1. 成果の概要（育成した人材の人数） .....	5
3.2. 令和2年度の成果 .....	5
3.3. 令和3年度の成果 .....	8
3.4. 令和4年度の成果 .....	10
4. 結言 .....	13

## 1. 事業の概要

背景（当該事業公募要領から引用）

東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、原子力安全の確保や更なる向上を図り、また平成30年7月に策定された第5次エネルギー基本計画で示された「多様な社会的要請の高まりも見据えた原子力関連技術のイノベーションを促進する」という観点を追求するためには、グローバルな視野を持ち、新しい知を創造し、多様な者と共創しつつ、課題解決へ向け挑戦することができる優れた人材の育成が必要不可欠である。

一方、原子力に係る学部・学科の改組等により、原子力分野の人材育成機能が脆弱化する中で、緩やかな協力の下で個別の大学等が人材育成を行うという従来の体制を越え、今後は、我が国全体として原子力分野の人材育成機能を維持・充実していくことが課題となっている。

これまで本事業では、機関ごとの特色を活かした取組に対して3年間を年限とした補助を実施し、機関横断的な取組を奨励していたが、人材育成や組織体制の強化に向けて、産業界や他分野との連携・融合等を含めた幅広い観点から中長期的な取組を促進するという視点が十分ではなかった。

この点と上述の背景を踏まえ、今後、本事業では、大学や研究機関等が組織的に連携し、原子力分野において育成する魅力的な人材像を掲げ、共通基盤的な教育機能を補い合うことで、拠点として一体的に人材を育成する体制の構築を促し、ひいては我が国の原子力分野の人材育成機能の維持・充実に寄与することを目的とする。

目的

上記の背景ならびに本事業の目的を受けて、東北大学では、東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻の大型実験施設（高速中性子実験室、臨界未満実験装置室、先進核融合炉工学総合実験棟、放射性同位元素実験室など）を活用した、原子力人材育成に不可欠な中性子輸送、原子炉材料、核融合プラズマ、バックエンド等に関する実習の高度化と効率化に取り組む。また、オンライン教材を活用することで、多くの人材に実習を経験できる機会を提供するとともに、補助期間終了後も人材育成を自立的に継続できる仕組みを確立する。加えて、他機関と有機的・相互補完的に連携することで、我が国の原子力利用の推進に貢献する人材育成の中核拠点を形成する。

## 2. 事業計画

令和2年度から令和4年度における計画及び業務の実施方法

令和2年度は、以下の項目を実施する（FS期間のため、下記実習テーマは仮題）。

### ① 新規実習テーマの立案ならびに実現可能性の検討

#### (ア) 中性子輸送挙動計測実習

高速中性子実験室の4.5MVダイナミトロン加速器による加速器中性子源を用いて、様々な材料中での中性子の挙動を理解するための実習を立案する。具体的には、高速中性子から熱中性子への減速過程を中性子計測に基づいて理解する内容を中心に検討する。

#### (イ) 中性子イメージング／イオンビーム分析実習

放射線高度利用について学ぶための実習を立案する。具体的には、高速中性子実験室の4.5MVダイナミトロン加速器を用いたイメージングの基礎実習について、実施内容の検討を行う。また、臨界未満実験装置室の1MV重イオン加速器を用いたイオンビームによる材料分析実習の実施内容の検討を行う。

#### (ウ) 原子炉材料照射実習（+金属材料の組織と強度に関する基礎実習）

臨界未満実験装置室の1MV重イオン加速器を用いた、金属材料の組織と強度に関する実習を立案する。具体的には、金属材料の組織制御と強度について理解した上で、材料の機械特性に及ぼすイオン照射の影響について学習する内容を中心に検討する。

### ② 既存実習テーマの高度化・効率化の検討

#### (ア) 核融合プラズマ計測実習

既存の核融合プラズマ計測実験をベースとして、高度化・高効率化を目的とした実験方法ならびに実験体系の見直しを行う。具体的には、静電的プラズマ診断手法を用いたプラズマの空間分布計測の高度化・高効率化を行う。

#### (イ) バックエンド基礎・応用実習

既存のバックエンド基礎実験をベースとして、地下環境における核種収着挙動に関する実習について実験方法ならびに実験体系を見直し、高度化・高効率化を検討する。

### ③ 事業推進

本事業参画者による打ち合わせ（人材育成委員会（仮称））を適宜開催し、関連する業務の進捗管理と情報共有、ならびに共通する課題に関する議論を実施する。また、オンライン教材作製のための環境を整備する。令和2年度の成果を報告書にまとめる。

令和3年度は以下の実験・実習を事業として実施する。ただし、COVID-19感染拡大による影響で事業の実施が困難な場合は、対応可能なものについてはオンライン実習・講義等で代替する。

### ① 中性子輸送挙動計測実習

高速中性子実験室の4.5MVダイナミトロン加速器による加速器中性子源を用いて、様々な材料中での中性子の挙動を理解するための実習を行う。

### ② 放射線応用実習

放射線高度利用について学ぶことを目的として、高速中性子実験室の4.5MVダイナミトロン加速器を用いたイメージングの基礎実習を行う。また、臨界未満実験装置室の1MV重イオン加

速器を用いたイオンビームによる材料分析実習を行う。

③ 原子炉材料照射実習（＋金属材料の組織と強度に関する基礎実習）

臨界未満実験装置室の 1MV 重イオン加速器を用いた、金属材料の組織と強度に関する実習を行う。具体的には、金属材料の組織制御と強度について理解した上で、材料の機械特性に及ぼすイオン照射の影響について学習する内容とする。

<その他>

① ANEC ホームページを活用した広報活動

本事業で実施する実習等の魅力をアピールするためのコンテンツを作成し、ANEC ホームページを通じて発信する。

令和 4 年度は以下の実験・実習を事業として実施する。ただし、COVID-19 感染拡大による影響で事業の実施が困難な場合は、対応可能なものについてはオンライン実習・講義等で代替する。

① 中性子輸送挙動計測実習

高速中性子実験室の 4.5 MV ダイナミトロン加速器による加速器中性子源を用いて、様々な材料中での中性子の挙動を理解するための実習を行う。

② 放射線応用実習

放射線高度利用について学ぶことを目的として、高速中性子実験室の 4.5 MV ダイナミトロン加速器を用いたイメージングの基礎実習を行う。また、臨界未満実験装置室の 1 MV 重イオン加速器を用いたイオンビームによる材料分析実習を行う。

③ 原子炉材料照射実習（＋金属材料の組織と強度に関する基礎実習）

臨界未満実験装置室の 1 MV 重イオン加速器を用いた、金属材料の組織と強度に関する実習を行う。具体的には、金属材料の組織制御と強度について理解した上で、材料の機械特性に及ぼすイオン照射の影響について学習する内容とする。

④ 中性子照射済み材料実習

大学院生を対象として、中性子照射済みの放射化材料に関する実習を、国内有数の教育研究ホットラボ施設である金属材料研究所大洗センターで行う。放射化試料の取り扱い、機械試験、マイクロ組織観察（透過電子顕微鏡、3次元アトムプローブなど）などを行う。JAEA や東海第二原子力発電所など大型原子力施設の見学も行う。

⑤ 高専生のための原子力材料実習

高等専門学校学生を対象として、原子力材料全般に関する教育を、国内有数の教育研究ホットラボ施設である金属材料研究所大洗センターで行う。講義では、放射線やその管理の基礎、材料の基礎、原子力材料の特徴などを扱う。実習では、機械試験、マイクロ組織観察（透過電子顕微鏡、3次元アトムプローブなど）などを扱う。JAEA や東海第二原子力発電所など大型原子力施設の見学も行う。

⑥ 放射性廃棄物分離分析実習

大学院生を対象として、放射性廃棄物分離分析に関する実習を、国内有数の教育研究ホットラボ施設である金属材料研究所大洗センターで行う。化学実験操作、マニピュレーター操作、誘導結合プラズマ質量分析法を用いた難分析核種の同定と定量などを扱う。

<その他>

① ANEC ホームページを活用した広報活動

本事業で実施する実習等の魅力をアピールするためのコンテンツを作成し、ANEC ホームページを通じて発信する。

### 3. 令和2年度から令和4年度における成果

成果の概要（育成した人材の人数）

令和2年度～令和4年度に実施した実習を通して育成した人材について、表3.1-1に整理して示す。

表3.1-1 育成人数

実施項目（実験・実習）	R2	R3	R4
① 実験原子力総合実習（高専生向け）			7
② 実験原子力総合実習（大学生・大学院生向け）		3	10
③ 中性子照射済み材料実習			25
④ 高専生のための原子力材料実習			11
⑤ 放射性廃棄物分離分析実習			16

#### 3.1 令和2年度の成果

令和2年度は、新規実習テーマ案について、実現可能性を検討（必要に応じて予備実験を実施）するとともに、テーマ化に向けたスケジュールを立案した。また既存実習テーマについては、幅広い関係機関からの実習の受け入れを考慮した効率化（FS期間終了後の課題集約）を検討した。これらの検討結果を取りまとめ、各実習テーマの年度計画を策定した。

##### ① 新規実習テーマの立案ならびに実現可能性の検討

新規実習テーマ案について、実現可能性を検討（必要に応じて予備実験を実施）するとともに、テーマ化に向けたスケジュールを立案した。具体的には、以下の3テーマを軸に実習を整備することに決定した。またこれらの実習については、次年度以降に他機関から受講者を受け入れる見通しがついた。

##### （ア）中性子輸送挙動計測実習

高速中性子の発生から減速/吸収の過程を定量的に測定できる実験を構築した（図3.2-1）。今後は、学生数名を対象とした予備実験を通して、高度化・効率化の観点から改良を加える予定である。

##### （イ）中性子イメージング/イオンビーム分析実習

中性子によるイメージング実験が可能となった（図3.2-2）。（ア）の実験で得た知識の発展としての応用実験として実施が可能であることを確認できた。

##### （ウ）原子炉材料照射実習（+金属材料の組織と強度に関する基礎実習）

照射前後の材料のマクロな挙動を知ることにより、照射効果についての知見を得る実験系を構築することができた。オンライン実習に活用可能なビデオ教材を作成した（図3.2-3）。

##### ② 既存実習テーマの高度化・効率化の検討

既存実習テーマについては、幅広い関係機関からの実習の受け入れを考慮した効率化（FS期間終了後の課題集約）を検討した。他機関から受講生を受け入れる上でのアレンジや、より一層の効率化・高度化を目指した検討を行った。

##### （ア）核融合プラズマ計測実習

既存の実験テーマをベースに、高精度かつ高効率にプラズマの空間分布を計測可能な実験内容を検討した。実習に参加する学生の多くは初学者である事が予想されるため、プラズマ診断手法として最も代表的な静電プローブを用いる事、トランスレータを用いた詳細な空間分布計測を行う事、を決定した。実習では、本事業で整備したトランスレータを用いながら、0.5 mm程度の空間分解能でプラズマの空間分布を計測することとした（図 3.2-4）。

#### (イ)バックエンド基礎・応用実習

本実習は、非密封の放射性核種(ユウロピウム)を用いて、岩盤中で高い核種収着能を示す黒雲母への収着実験を行うものである。本事業においては、実習手順の見直しを行い、効率化を検討するとともに、受講生受け入れの可能性を検討した（図 3.2-5）。

#### (ウ) 東北大（金研大洗）で提供可能な実習テーマの検討

東北大（金研大洗）で提供可能な実習テーマの検討（進行中事業の引き継ぎ）を行った。その結果、「大学の大型ホットラボを活用した放射性廃棄物分離分析・原子力材料に関する人材育成プログラム@金研大洗、R1-3年度」の内容（図 3.2-6）を基本的に踏襲して、R4年度以降は下記のテーマを本事業の一環として実施する計画とした。

##### 1. 【短期集中型】廃棄物分離分析（大学院生（修士・博士）、20人/年程度）

1F 廃止措置や通常の廃炉措置・廃棄物処理処分で不可欠な廃棄物分離分析の教育・実習を行う。

##### 2. 【短期集中型】原子力材料（大学院生（修士・博士）、20人/年程度）

現行炉のより高い安全性を確保するために不可欠な原子力材料に関する教育・実習を行う。

##### 3. 【短期集中型】原子力材料（高等専門学校生（本科・専科）、8名/年程度）

若い人材である高専生に原子力に触れる機会を提供し、原子力分野を志望する手がかりとしてもらう。また、第一線の現場での実体験に基づいて原子力や放射線を正しく理解してもらう。

#### (エ) QST@六ヶ所で提供可能な実習テーマの検討

QST@六ヶ所で提供可能な実習テーマの検討を行った。本事業で整備したテーマと連携した発展課題を複数用意する予定であり、先方と協議中である。原則博士課程の学生を対象とし、2ヶ月程度の滞在を想定しており、次年度以降実習内容を具体化する。

### ③ 事業推進

本事業参画者による打ち合わせを適宜開催し、関連する業務の進捗管理と情報共有、ならびに共通する課題に関する議論を実施した。また、オンライン教材作製のための環境を整備した。具体的には、PO・PD、文科省担当者、次年度以降集約される拠点（近大・福井大・東北大）参画者、東北大金研大洗の人材育成プログラム実施代表者、東北地方3高専（八戸・秋田・仙台）担当者、ならびに学内実施担当者との打ち合わせを重ねてきており、次年度以降の有機的な連携について具体的なイメージを共有すると共に、東北大として整備する実習テーマ内容に反映すべき知見を得た。



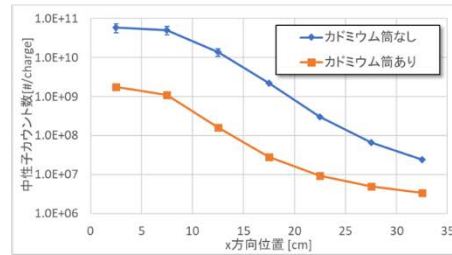
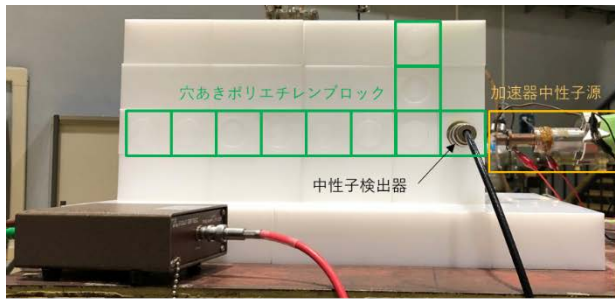


Fig. x方向に対する中性子カウント数の推移

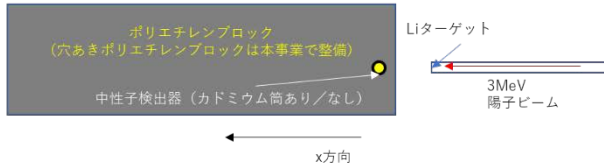


図 3. 2-1 高速中性子の発生から減速/吸収の過程を定量的に測定できる実験体系

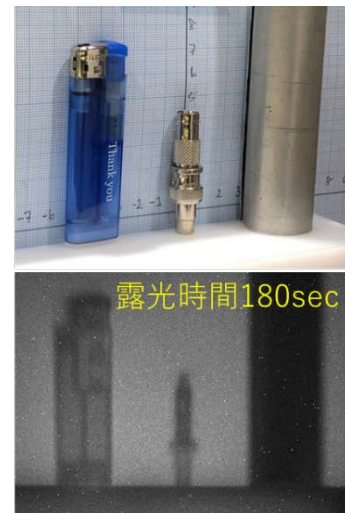
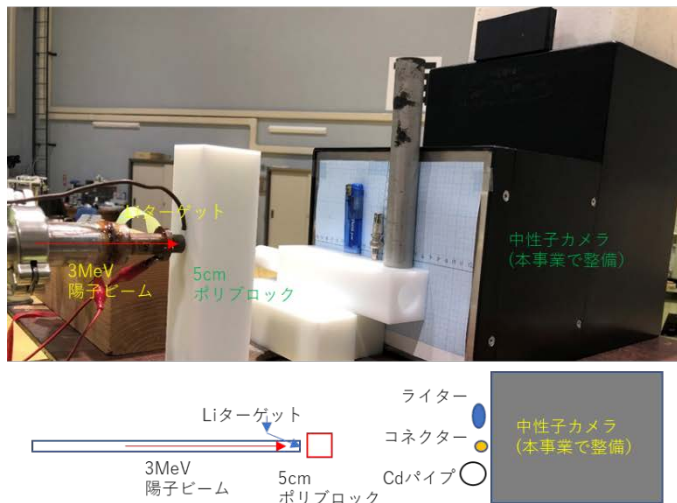
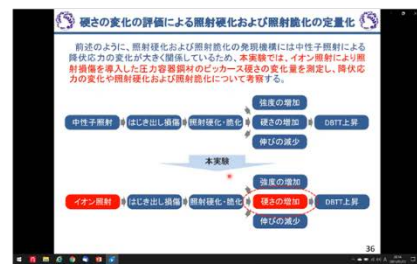


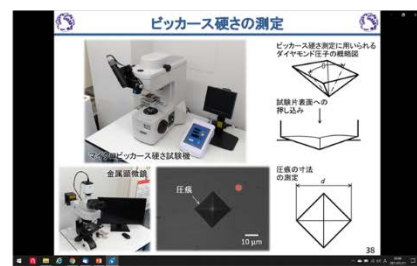
図 3. 2-2 中性子によるイメージング実験の体系

- ✓ オンライン実習用ビデオ教材の制作
- ✓ イオン照射および照射試料評価のための装置の整備
- ✓ リアルタイム講義と動画視聴を融合した実習
- ✓ 加速器イオン照射による原子炉材料の照射実験と、その基本原理の講義

受講学生と担当教員とのディスカッション



原子炉材料の中性子照射硬化・脆化の理論の説明



本事業で整備した装置による照射硬化の評価の説明

図 3. 2-3 原子炉材料照射実習 (+金属材料の組織と強度に関する基礎実習) のビデオ教材

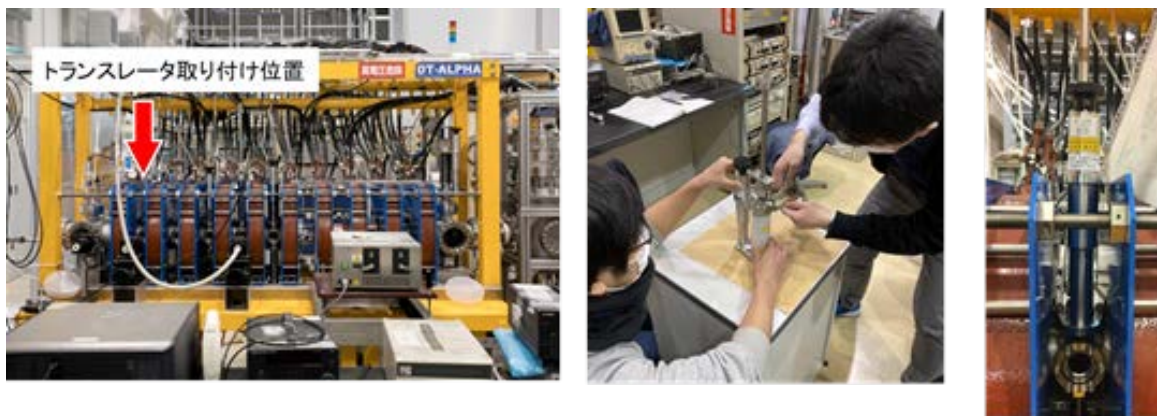


図 3.2-4 核融合プラズマ実習（予備実験）の様子  
 (左：DT-ALPHA 装置、中：トランスレータ取り付け作業、右：トランスレータ取り付け後)



図 3.2-5 バックエンド基礎・応用実習（予備実験）の様子

**【短期集中型】原子力材料（大学院生）**

現行炉のより高い安全性を確保するために不可欠な原子力材料に関する教育・実習を行う。  
 対象：大学院生（修士・博士）、20人/年 程度

放射線安全管理の講義、演習  
 放射化試料取扱い  
 照射後試験、核燃料模擬デブリ  
 マニピュレーター操作実習  
 試験片加工実習  
 基礎・基礎  
 透過電子顕微鏡実習

高乗物分離分析に関する事業（H28-30）の成果を活用し、核燃料デブリに関する講義・実習も行う。

達成目標：RIや核燃料を扱う緊張感、臨場感、使命感を体感させ、当該分野への熱意をさらに向上させる。将来、専門家として国内外で活躍するための基礎基礎を身につけさせる。

**【短期集中型】原子力材料（高専生）**

若い人材である高専生に原子力に触れる機会を提供し、原子力分野を志望する手がかりとしてもらう。また、第一線の現場での実体験に基づいて原子力や放射線を正しく理解してもらう。  
 対象：高等専門学校生（本科・専科）、8名/年 程度

街景試験の見学  
 電解研習の体験  
 燃料貯蔵の見学  
 マニピュレーター操作体験  
 大型研究の見学  
 グループによる成果報告会

達成目標：実体験に基づいて原子力や放射線を正しく理解させる。原子力分野の実務やその魅力、使命を体感させ、原子力分野への志向性を高める。

図 3.2-6 東北大（金研@大洗）で提供可能な実習テーマの概要

### 3.2 令和3年度の成果

#### ① 実験原子力総合実習

本事業で開発した中性子輸送挙動計測実習、放射線応用実習、原子炉材料照射実習（+金属材料の組織と強度に関する基礎実習）と、既存の（原子炉システムシミュレーション）及び（原子炉熱流動シミュレーション）の2つのシミュレーション実習を組み合わせた「実験原子力総合実習」を新たに立ち上げ、2022年1月24日（月）～28日（金）の5日間にわたって実施した。受講形式としては、全ての実習テーマを受講することを推奨するものの、一部テーマの受講も可能とした。

計5名の学生（大学院生：4名、大学生：1名）から参加申し込みがあった。募集直後からCOVID-19感染が急拡大したため、急遽受け入れ条件として直近のPCR検査陰性証明を求めることとなり、参加予定者の1名が陽性、1名が陽性者の濃厚接触者、と判定されたため、最終的に3名の受講者に留まった。感染症対策を十分に講じた上で、予定通り対面で全ての実習テーマを実施した。実習後にはアンケートを行い、受講者全員から回答を得た（無記名）。受講者の理解度については、大半が「良く理解できた」、一部が「ほぼ理解できた」であり、実習テーマのレベル設定や担当教員の説明、TAのフォローなどについては適切であったと判断した。実習に関する自由記述コメントに関しては、異なる実験体系／条件下での比較を希望するものが複数あり、実習内容のさらなる充実に向けたヒントを得ることができた。また、実習テーマの順番に関して、「実験系テーマを序盤に実施した方が、受講者間の交流が活発になるので望ましい」とのコメントがあった。コロナ渦のためある程度の制限はあったものの、主に実験系テーマでは受講者同士が和やかな雰囲気の中で交流する場面が散見され、対面で実習を実施することの良さを改めて認識する機会となった。詳細は、別添資料1を参照頂きたい。

#### ② ANEC ホームページを活用した広報活動

本事業で実施する実習等の魅力をアピールするためのコンテンツを作成し、ANECホームページ (<https://anec-in.com/>) を通じて発信した（図3.2-1）。

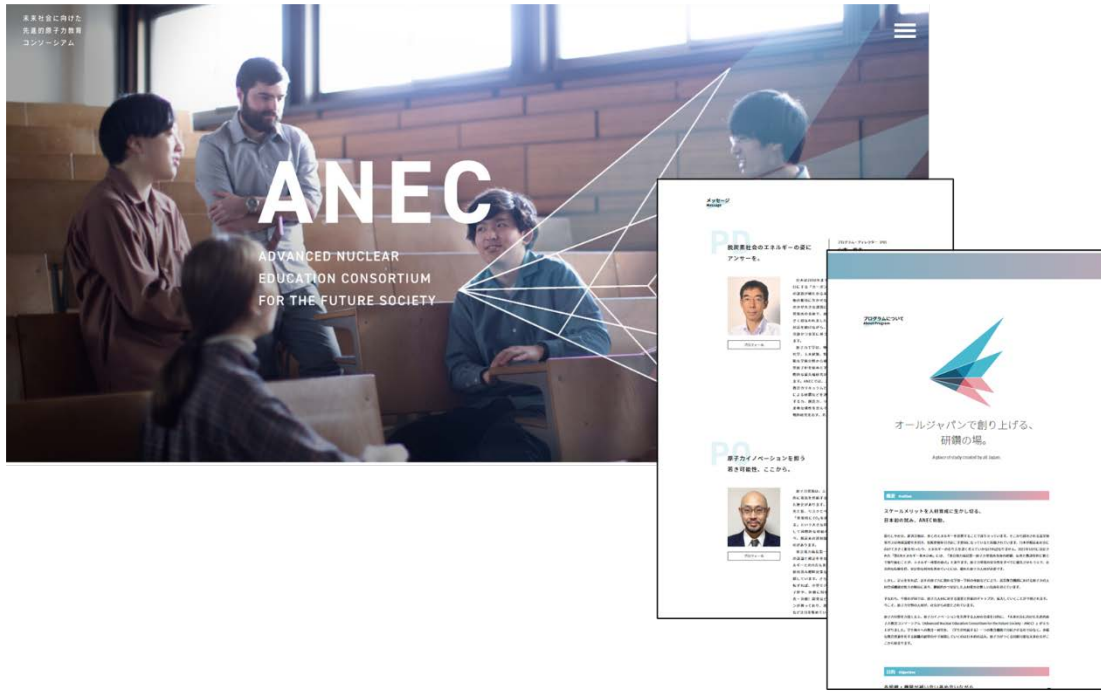


図 3.2-1 ANEC HP イメージ

### 3.3 令和4年度の成果

#### ① 実験原子力総合実習

中性子輸送挙動計測実習、放射線応用実習、原子炉材料照射実習（+金属材料の組織と強度に関する基礎実習）の3つの実習について、内容を高専生向けにアレンジして「実験原子力総合実習（高専生対象）」を新たに立ち上げ、2022年8月22日（月）～24日（水）の3日間にわたって実施した。計7名の高専生が参加した。実習後にはアンケートを行い、受講者全員から回答を得た（無記名）。受講者の理解度については、大半が「良く理解できた」、一部が「ほぼ理解できた」であった。また、実習中に設けた高専出身の大学院生との懇談についても、「非常に有意義だった」とのコメントが多かった。

加えて、上記3つの実習と、既存の（原子炉システムシミュレーション）及び（原子炉熱流動シミュレーション）の2つのシミュレーション実習を組み合わせた「実験原子力総合実習」を、2023年1月23日（月）～27日（金）の5日間にわたって実施した。受講形式としては、全ての実習テーマを受講することを推奨するものの、一部テーマの受講も可能とした。計10名の学生（大学院生：9名、大学生：1名）が参加した。実習後にはアンケートを行い、受講者全員から回答を得た（無記名）。受講者の理解度については、大半が「良く理解できた」、一部が「ほぼ理解できた」であり、実習テーマのレベル設定や担当教員の説明、TAのフォローなどについては適切であったと判断した。

#### ② 中性子照射済み材料実習（東北大学）

大学院生を対象として、中性子照射済みの放射化材料に関する実習を、国内有数の教育研究ホットラボ施設である金属材料研究所大洗センターで行った。放射化試料の取り扱い、機械試験、マイクロ組織観察（透過電子顕微鏡、3次元アトムプローブなど）などを行う。JAEAや東海第二原子力発電所、の見学も行った。

#### ③ 高専生のための原子力材料実習（東北大学）

高等専門学校学生を対象として、原子力材料全般に関する教育を、国内有数の教育研究ホットラボ施設である金属材料研究所大洗センターで行った。講義では、放射線やその管理の基礎、材料の基礎、原子力材料の特徴などを扱った。実習では、機械試験、マイクロ組織観察（透過電子顕微鏡、3次元アトムプローブなど）などを実施した。JAEAや千代田テクノル大貫台工場など原子力関連施設の見学も行った。

#### ④ 放射性廃棄物分離分析実習

大学院生を対象として、放射性廃棄物分離分析に関する実習を、国内有数の教育研究ホットラボ施設である金属材料研究所大洗センターで行った。化学実験操作、マニピュレーター操作、誘導結合プラズマ質量分析法を用いた難分析核種の同定と定量などを扱った。

上記①～④の詳細については、別添資料2を参照頂きたい。

#### ⑤ ANEC ホームページを活用した広報活動

本事業で実施する実習等の魅力をアピールするためのコンテンツを作成し、ANECホームページを通じて発信した。

ANECの活動を広く周知するために有用なニュース、適切に分類・レベル分けして整備したカリ

キュラム一覧、実習体験レポート（学生へのインタビュー記事）等をHPに掲載した（図 3.3-1）。



図 3.3-1 ANEC HP に新たに加えたコンテンツイメージ

#### 4. 結言

本事業では、東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻の大型実験施設を活用した、原子力人材育成に不可欠なテーマに関する実習の高度化と効率化に取り組んでいる。また、オンライン教材を活用することで、多くの人材に実習を経験できる機会を提供するとともに、補助期間終了後も人材育成を自立的に継続できる仕組みを確立しつつある。今後は、さらに他機関と有機的・相互補完的に連携することで、我が国の原子力利用の推進に貢献する人材育成の中核拠点を形成する。

加えて、本事業における ANEC の取り組みをアピールするコンテンツを作成し、ANEC HP を通じた発信を続けている。当該 HP を中心とした広報活動により、人材育成の対象となる学生の裾野がさらに広がることが期待される。

<別添資料1：令和3年度実習の様子・アンケート結果・感想など>

① 実験原子力総合実習（2022年1月24日～28日、対面開催）

(ア) 実習の様子

実習の様子を図1～3に示す。

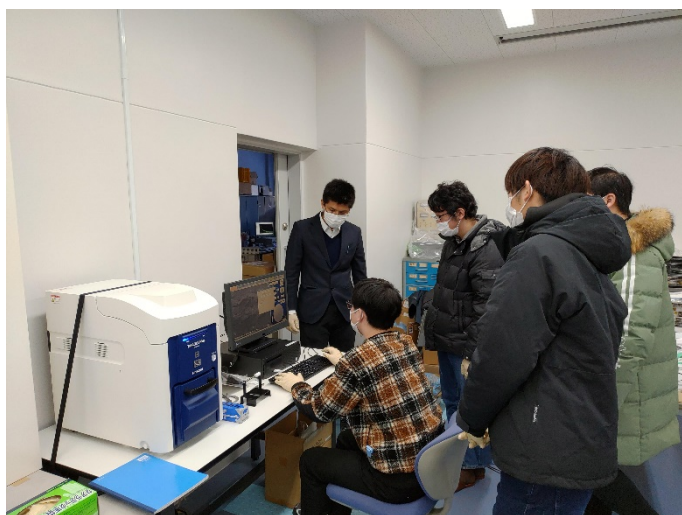


図1



図2



図3



(イ) 実習アンケート結果・感想

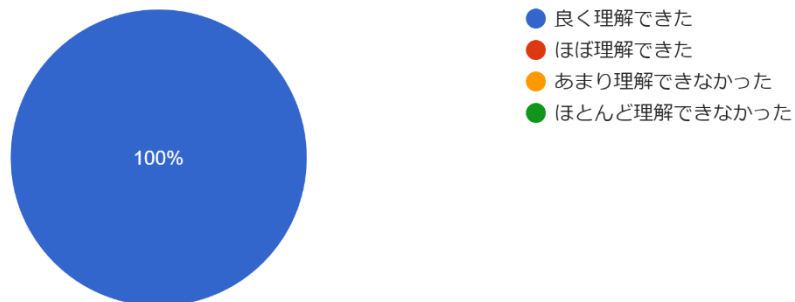
実習後に実施したアンケート結果ならびに感想について、図 4-1～6-2 に示す。

A) 中性子輸送挙動計測実習

- 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 4-1)

加速器中性子測定実験(高速中性子実験室を用いた中性子輸送挙動計測)

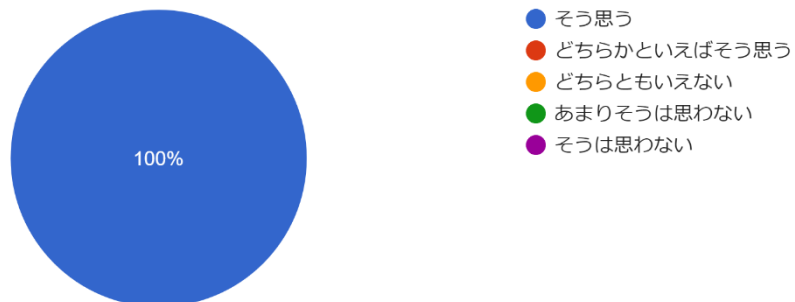
3件の回答



- 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 4-2)

加速器中性子測定実験(高速中性子実験室を用いた中性子輸送挙動計測)

3件の回答



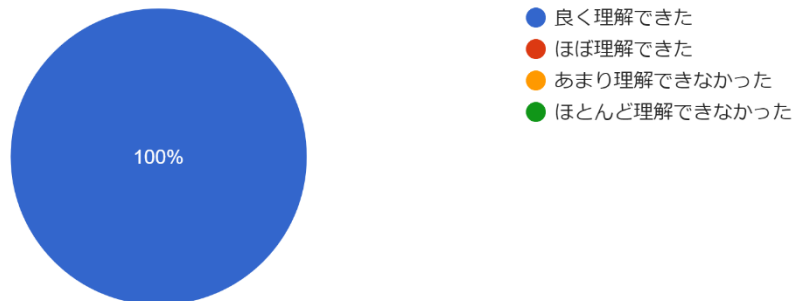
- 感想
  - ・ 実験系の講習で他の学生と交流できたので、実験系を初日に持ってくるのが良いと思いました。
  - ・ 中性子の挙動やポリエチレンと炭素の遮蔽減速効果の違いについてしることができて良かった。実験体系がほかにも幾つかあれば比較することができて良かったと思う。

B) 放射線応用実習

- 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 5-1)

放射線応用実習 (中性子を用いたイメージング)

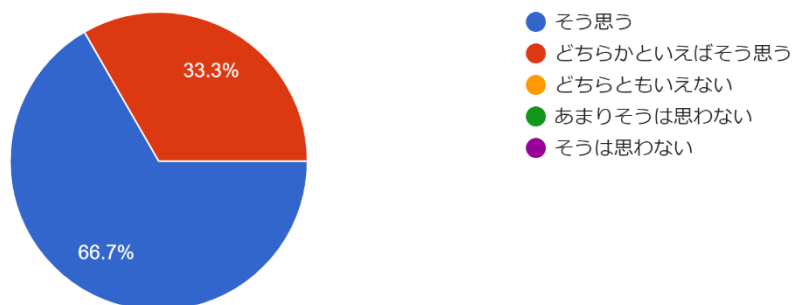
3件の回答



- 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 5-2)

放射線応用実習 (中性子を用いたイメージング)

3件の回答



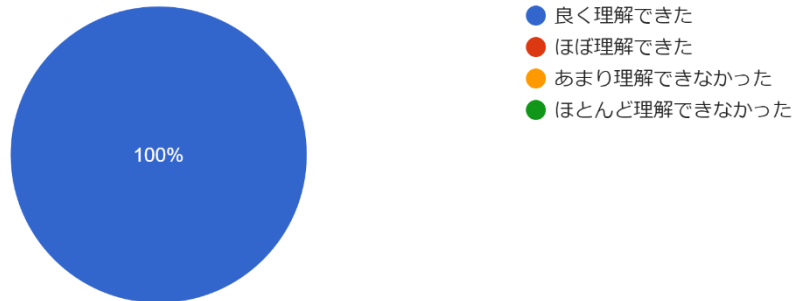
- 感想
  - ・ 中性子を用いたイメージングを見るのは初めてでとても勉強になった。

C) 原子炉材料照射実習（+金属材料の組織と強度に関する基礎実習）

- 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。（図 6-1）

原子炉材料照射実習（金属材料の組織制御と強度、イオン照射の影響評価）

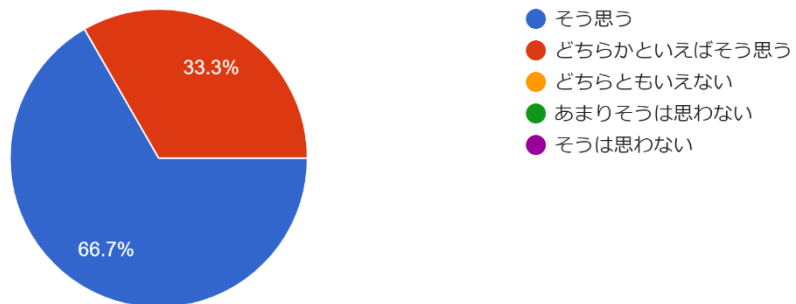
3件の回答



- 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。（図 6-2）

原子炉材料照射実習（金属材料の組織制御と強度、イオン照射の影響評価）

3件の回答



- 感想
  - ・ 照射量が異なる場合での硬さの変化を観測したかったです。
  - ・ 硬さ測定等知らないことが多く興味深い内容でした。

<別添資料 2 : 令和 4 年度実習の様子・アンケート結果・感想など>

① 実験原子力総合実習（高専生対象）（2022 年 8 月 22 日～24 日、対面開催）

(ア) 実習の様子

実習の様子を図 7～10 に示す。



図 7

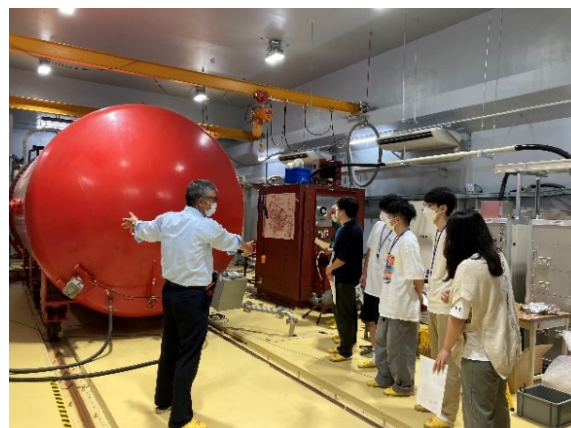


図 8

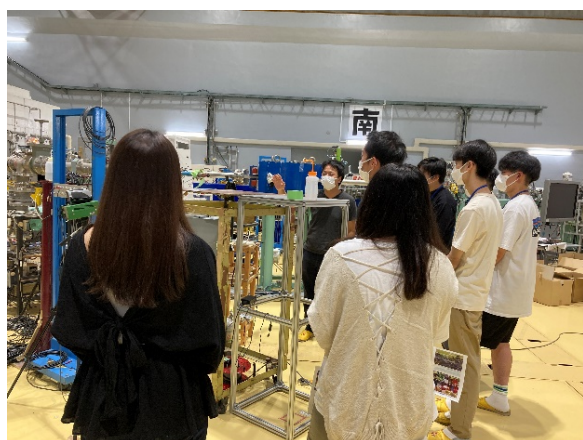


図 9



図 10

(イ) 実習アンケート結果・感想

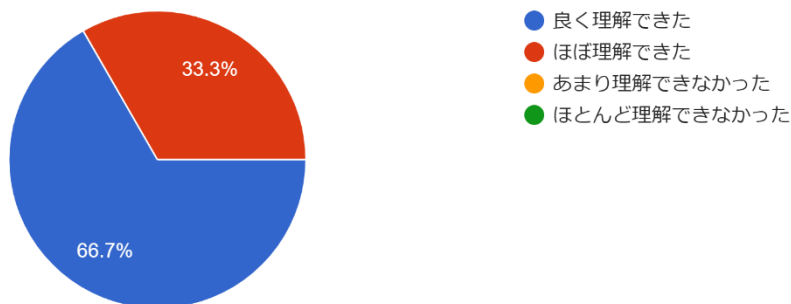
実習後に実施したアンケート結果ならびに感想について、図 11-1～13-2 に示す。

A) 中性子輸送挙動計測実習

- 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 11-1)

中性子を使ったイメージング実習(8月24日(水))

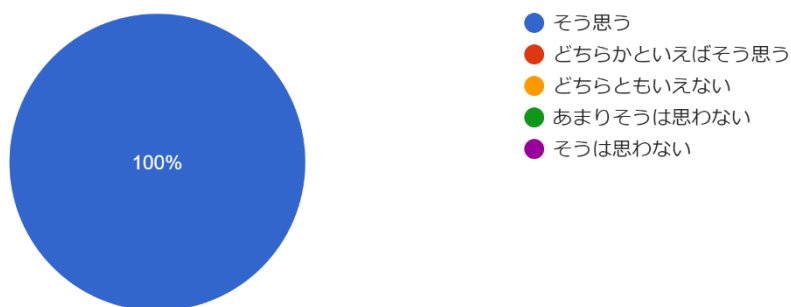
6件の回答



- 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 11-2)

中性子を使ったイメージング実習(8月24日(水))

6件の回答



- 感想
  - ・ 機械を実際に運転して、身近なもののレントゲンを撮って見ることができて貴重な体験になった。
  - ・ レントゲンとは似て非なるものというのが面白かった。
  - ・ レントゲンの仕組みや放射線についての理解を深めることができとても為になった。
  - ・ 2日間の実習の後なので、だいぶ内容を理解できた。実習を通して原子力にさらに興味を持てたし、まだ進学先を決めていないので本当に良い体験になった。お忙し

い中、実習を受け入れて下さりありがとうございました。また、研究室見学などしたいと思っておりますので、その際はぜひよろしくお願い致します。

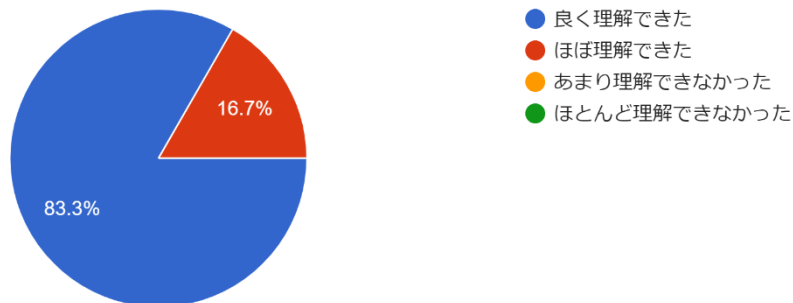
- 話を聞くだけでなく実際に見たり、体験したことで理解しやすかったと感じた。

## B) 放射線応用実習

- 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 12-1)

加速器見学ならびに運転体験(8月23日(火))

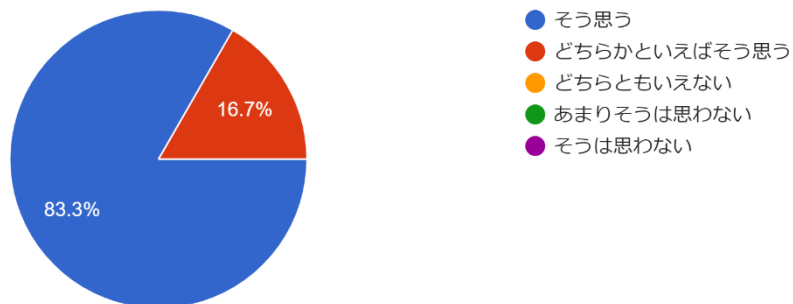
6件の回答



- 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 12-2)

加速器見学ならびに運転体験(8月23日(火))

6件の回答



- 感想

- 加速器の構造を知り、実際に見ることが出来てよく理解することが出来た。
- 実際の加速器のデカさには圧巻の一言だった。運転の際の待ち時間が暇だった。
- 高専にはない大規模な設備を見ることができてとても貴重な体験ができた。
- 加速器というものをほとんど知らなかったが、実際に目で見て説明を受けることで完璧ではないが、理解する事ができた。運転体験中も運転しない学生は結構時間を持て余している感じだったので、出来れば他の設備の見学や実際に授業を受ける教

室などの見学もあったら良かったなと感じた。

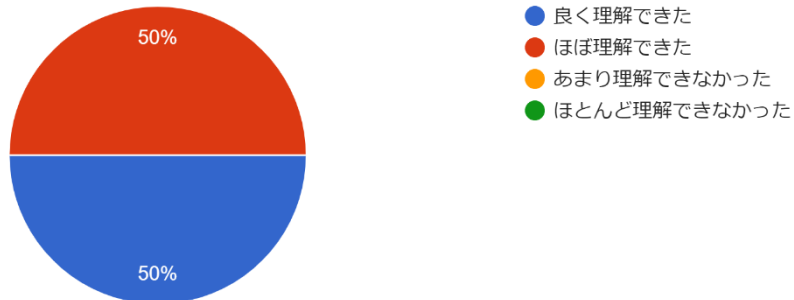
- 話を聞くだけではなかなかイメージがつかなかったが、実際に見聞きすることで理解につながった。また、加速器を実際に運転するという貴重な体験をできたと思う。

C) 原子炉材料照射実習（+金属材料の組織と強度に関する基礎実習）

- 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。（図 13-1）

原子炉材料照射実習（8月22日（月））

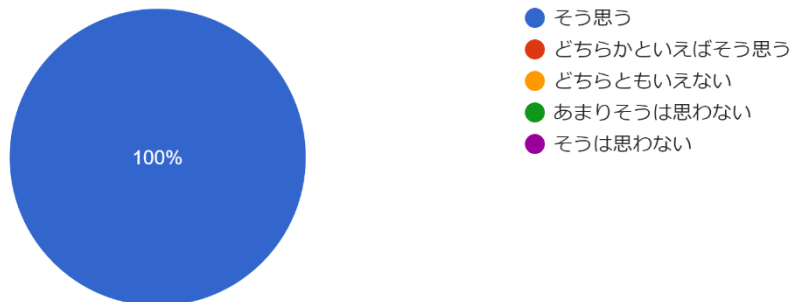
6件の回答



- 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。（図 13-2）

原子炉材料照射実習（8月22日（月））

6件の回答



- 感想
  - 硬化実験をして照射することによる材料の変化を知ることが出来た。
  - 放射線の照射によって材料の硬さが変化していることが計算ではっきり分かるのが良かった。
  - 機器の説明がとても丁寧で理解しやすかった。
  - 何も施していない材料と照射後の材料の硬さを実際に比べることで、性質をよく理解できた。ただ、待ち時間が長く感じたので、グループをもっと細分化(1 グルー

プ 2~3 人)して、研究室内見学等を行えばもっと有意義に時間を使えるのではないかと感じた。

- ・ 説明がわかりやすく、理解しやすかった

D) 高専出身学生との懇談 (8 月 23 日 (火) )

● 感想

- ・ 高専時代の研究から今の研究まで聞けてとても良かった。日常生活や研究室、入試なども聞けてとても有意義だった。
- ・ 高専での生活等も絡めた話で今後の進路のイメージが湧きやすかったと思う。
- ・ 実際に専攻科から編入した先輩の話を知る機会は普段無いのでとても貴重な経験になった。
- ・ 実際に同じ立場から進学された先輩方の話はとてもタメになった。また、生活のイメージもしやすかった。ただ、質問で toEIC の点数の事など聞きたかったが、先輩方の点数を参加していた学生の前で聞くことになってしまうので、そこは少し遠慮してしまった。そのような個別で聞きたい質問も多少は抱えていると思うので、鈴木さんのようにメールアドレスなどを載せてもらえると、後日でも相談しやすいなと感じた。
- ・ とても有意義な話を聞くことができた。



② 実験原子力総合実習 (2023年1月23日～27日、対面開催)

(ア) 実習の様子

実習の様子を図14～17に示す。



図 14



図 15

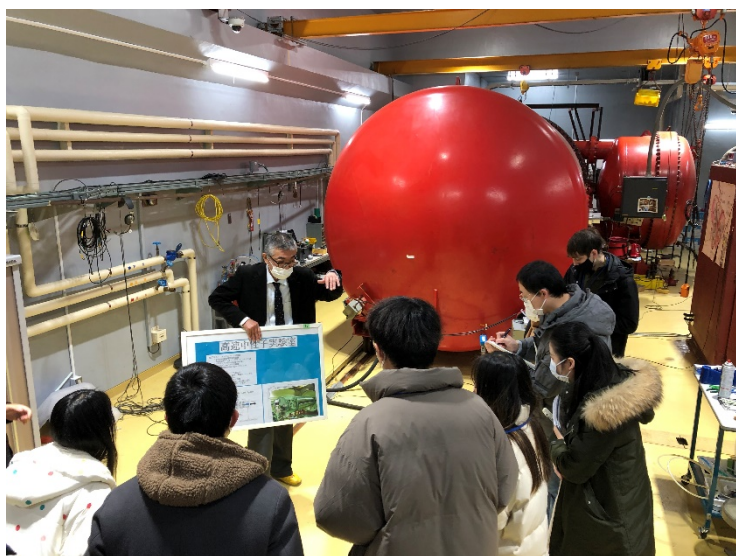


図 16

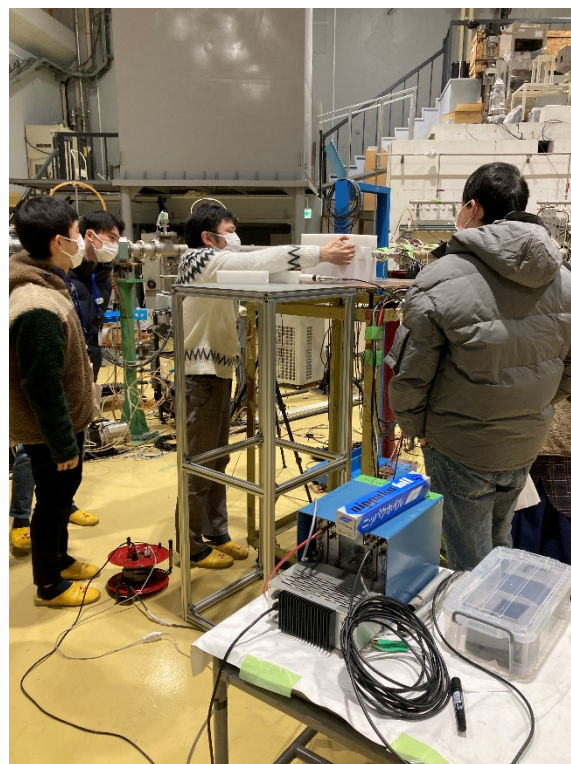


図 17

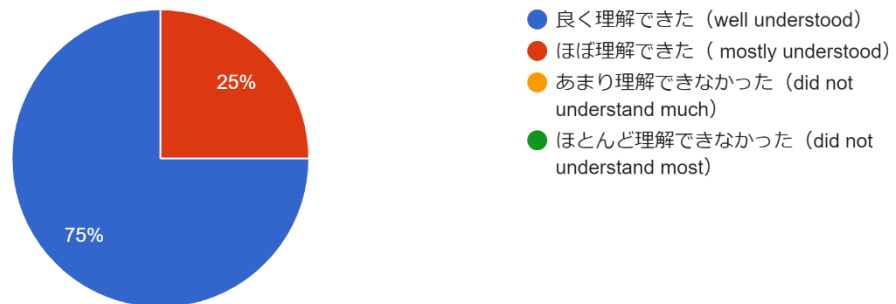
(イ) 実習アンケート結果・感想

実習後に実施したアンケート結果ならびに感想について、図 18-1～に示す。

A) 中性子輸送挙動計測実習

- 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 18-1)

・ 加速器中性子測定実験 (1月25日 (水)) Accelerator Neutron Measurement Experiment  
(Wednesday, January 25)  
8 件の回答



- 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 18-2)

・ 加速器中性子測定実験 (1月25日 (水)) Accelerator Neutron Measurement Experiment  
(Wednesday, January 25)  
8 件の回答



- 感想

- it's comprehensive, while experienced for experiment application
- On the first day, we watched two electrostatics accelerators. In the FNL, there are different neutron lines. I am most interested in the multi-purpose line which could produce neutrons of about several keV. The neutron tomography on the leave was very amazing. A very nice day!
- あらかじめ留学生が多いため英語で行われることが通知されていると気持ち的に楽だったの

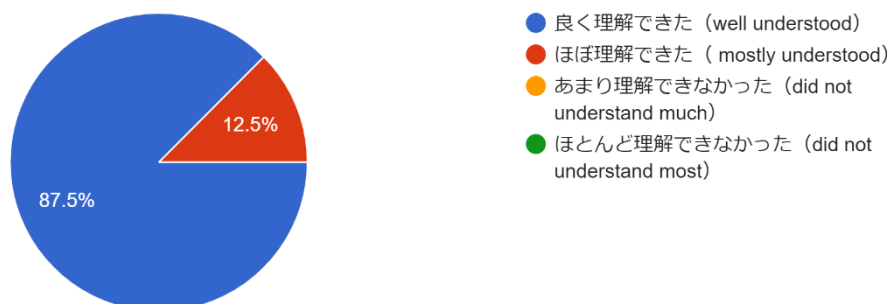
で、次回以降は開講される言語を前日までには通達して下さるとうれしかった。

- I liked the quality of lectures, detailed explanations
- I am very satisfied with this internship. Everyone is very friendly.
- Glad we visited the experimental facilities and did experiments. Thank you sensei for your patience and detailed explanation
- I am honored to visit the accelerator laboratory of Tohoku University, and I have learned what experiments can be performed by the accelerator.
- 中性子イメージングで、あそこまで鮮明に画像が見えると思っていなかったのが印象に残った。X線との違いもよくわかった。

## B) 放射線応用実習

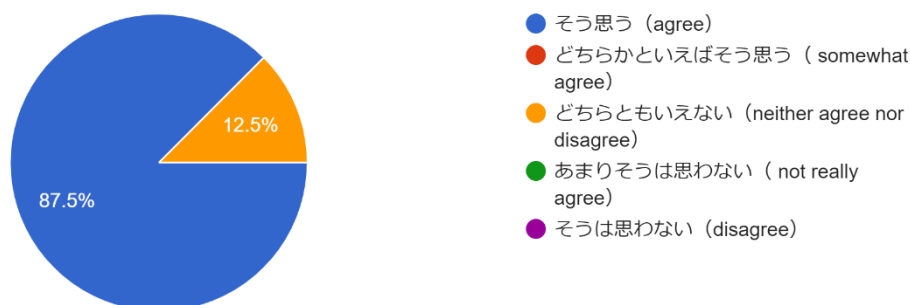
- 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 19-1)

・放射線応用実習(1月23日(月)) Radiation application practice (Monday, January 23)  
8件の回答



- 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 19-2)

・放射線応用実習(1月23日(月)) Radiation application practice (Monday, January 23)  
8件の回答



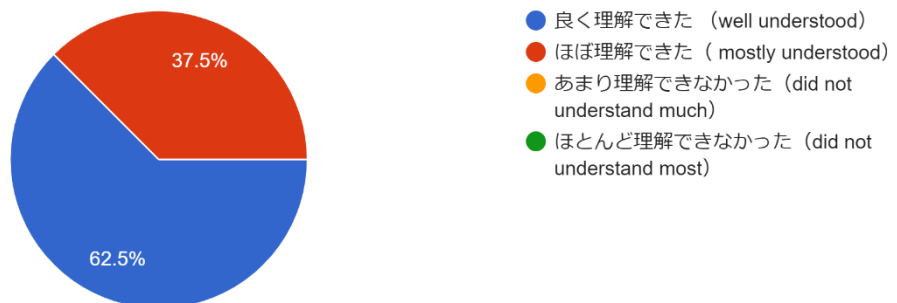
- 感想
  - it's comprehensive, while experienced for experiment application
  - On the first day, we watched two electrostatics accelerators. In the FNL, there are different neutron lines. I am most interested in the multi-purpose line which could produce neutrons of about several keV. The neutron tomography on the leave was very amazing. A very nice day!
  - あらかじめ留学生が多いため英語で行われることが通知されていると気持ち的に楽だったので、次回以降は開講される言語を前日までには通達して下さるとうれしかった。
  - I liked the quality of lectures, detailed explanations.
  - I am very satisfied with this internship. Everyone is very friendly.
  - Glad we visited the experimental facilities and did experiments. Thank you sensei for your patience and detailed explanation.
  - I am honored to visit the accelerator laboratory of Tohoku University, and I have learned what experiments can be performed by the accelerator.

C) 原子炉材料照射実習

- 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 20-1)

・ 原子炉材料照射実習 (1月24日 (火) )    Reactor materials irradiation training (Tuesday, January 24)

8 件の回答



- 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 20-2)

・原子炉材料照射実習(1月24日(火)) Reactor materials irradiation training (Tuesday, January 24)  
8件の回答



- 感想

- I didn't attend to class, I am sorry, but I got the materials. I like the lectures and also applicable to my topic..Thank you
- We made a comparison about the hardness of a iron block before and after irradiation by iron ions. and the crosssections of irons under different temperatures.
- 原子炉における材料の課題を理解しやすい講義だった。また、材料の寿命に関する議論だけではなく、原子力発電に対する考え方の違いをどうするかといった答えが一意的に定まらないものについても触れられたので大変面白かった。
- I like the enthusiasm of the professors and them giving details explanations in theoretical lectures and in experiment
- I am very satisfied with this internship. Everyone is very friendly.
- Glad we visited the experimental facilities and did experiments. Thank you sensei for your patience and detailed explanation.
- Use a microscope to observe the s

③ 中性子照射済み材料実習（2022年8月1日～5日、対面開催）

(ア) 実習の様子

実習の様子を図 21～24 に示す。



図 21



図 22



図 23



図 24

(イ) 実習アンケート結果・感想

実習後に実施したアンケート結果ならびに感想について、下記に示す。

参加者 25 名

講義内容に興味を持てましたか？理解できましたか

・放射線、放射線障害

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・20 人  | 2. よく興味を持てた・・・3 人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・19 人 | 2. ほぼ理解できた・・・4 人  |

・原子力材料

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・18 人 | 2. よく興味を持てた・・・5 人 |
| 1. 良く理解できた・・・18 人  | 2. ほぼ理解できた・・・5 人  |

・原子スケールでの材料中の格子欠陥分析

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・20 人 | 2. よく興味を持てた・・・3 人 |
|--------------------|-------------------|

1. 良く理解できた・・・20人    2. ほぼ理解できた・・・3人

・アクチノイド化合物育成と超伝導

1. 大変興味を持てた・・・18人    2. よく興味を持てた・・・5人  
1. 良く理解できた・・・16人    2. ほぼ理解できた・・・7人

講義内容に興味を持てましたか？理解できましたか？

・(I) 透過電子顕微鏡

1. 大変興味を持てた・・・20人    2. よく興味を持てた・・・1人  
1. 大変良く理解できた・・・19人    2. ほぼ理解できた・・・2人

・(II) 陽電子消滅、アトムプローブトモグラフィー

1. 大変興味を持てた・・・19人    2. よく興味を持てた・・・4人  
1. 大変良く理解できた・・・19人    2. ほぼ理解できた・・・4人

・(III) アーク溶解による化合物作成・X線回折

1. 大変興味を持てた・・・20人    2. よく興味を持てた・・・3人  
1. 大変良く理解できた・・・20人    2. ほぼ理解できた・・・3人

・(IV) マニピュレーター・試験片打ち抜き

1. 大変興味を持てた・・・23人    2. よく興味を持てた・・・0人  
1. 大変良く理解できた・・・23人    2. ほぼ理解できた・・・0人

・(V) 機械試験

1. 大変興味を持てた・・・20人    2. よく興味を持てた・・・3人  
1. 大変良く理解できた・・・21人    2. ほぼ理解できた・・・2人

施設見学に興味を持てましたか？理解できましたか？(見学者 11名)

・見学：日本原電東海発電所・テラパーク

1. 大変興味を持てた・・・11人    2. よく興味を持てた・・・0人

1. 大変良く理解できた・・・11人
2. ほぼ理解できた・・・0人

・見学：千代田テクノ大貫台工場

1. 大変興味を持てた・・・10人
2. よく興味を持てた・・・1人
1. 大変良く理解できた・・・10人
2. ほぼ理解できた・・・1人

夏の学校の感想

- ・放射線の特性や、放射線によって生じる障害とそれを防ぐ方法について、実際の例を見ながら学ぶことができ、理解が深まった。
- ・原子力で利用される金属材料について、特性や問題点について学ぶことができた。今回得た知識を自分の研究にも活かしていきたい。
- ・アトムプローブトモグラフィーの原理と測定方法を学び、金属や半導体への活用についての知見を得た。

③ 高専生のための原子力材料実習（2022年8月22日～26日、対面開催）

(ア) 実習の様子

実習の様子を図 25～28 に示す。



図 25



図 26



図 27



図 28



(イ) 実習アンケート結果・感想

実習後に実施したアンケート結果ならびに感想について、下記に示す。

参加者 11 名

講義内容に興味を持てましたか？理解できましたか

・放射線、放射線障害

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・10 人 | 2. よく興味を持てた・・・1 人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・9 人 | 2. ほぼ理解できた・・・2 人  |

・原子力材料

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・8 人 | 2. よく興味を持てた・・・2 人 |
| 1. 良く理解できた・・・5 人  | 2. ほぼ理解できた・・・5 人  |

・原子スケールでの材料中の格子欠陥分析

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・8 人 | 2. よく興味を持てた・・・2 人 |
| 1. 良く理解できた・・・6 人  | 2. ほぼ理解できた・・・3 人  |

・アクチノイド化合物育成と超伝導

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・7 人 | 2. よく興味を持てた・・・2 人 |
| 1. 良く理解できた・・・5 人  | 2. ほぼ理解できた・・・2 人  |

講義内容に興味を持てましたか？理解できましたか？

・(I) 透過電子顕微鏡

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・7 人  | 2. よく興味を持てた・・・3 人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・4 人 | 2. ほぼ理解できた・・・3 人  |

・(II) 走査電子顕微鏡による特性X線と反射電子分析

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・10 人 | 2. よく興味を持てた・・・1 人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・8 人 | 2. ほぼ理解できた・・・3 人  |

・(III) 陽電子消滅、アトムプローブ

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・8 人  | 2. よく興味を持てた・・・2 人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・7 人 | 2. ほぼ理解できた・・・2 人  |

・(IV) アーク溶解による化合物育成・X線回折

1. 大変興味を持てた・・・8人      2. よく興味を持てた・・・3人  
1. 大変良く理解できた・・・8人      2. ほぼ理解できた・・・2人

・(V) マニピュレーター・試験片打ち抜き

1. 大変興味を持てた・・・11人      2. よく興味を持てた・・・0人  
1. 大変良く理解できた・・・11人      2. ほぼ理解できた・・・0人

・(VI) 機械試験（硬度測定、シャルピー衝撃試験）

1. 大変興味を持てた・・・10人      2. よく興味を持てた・・・0人  
1. 大変良く理解できた・・・10人      2. ほぼ理解できた・・・2人

施設見学に興味を持てましたか？理解できましたか？

・見学：千代田テクノ大貫台工場

1. 大変興味を持てた・・・5人      2. よく興味を持てた・・・5人  
1. 大変良く理解できた・・・4人      2. ほぼ理解できた・・・4人

高専インターンシップの感想

- ・放射線の種類や影響、測定方法など、実際の原因で使われている知識に触れることができた。
- ・最先端の材料分析手法やマイクロ、ナノの世界の加工、測定技術に興味を抱いた。将来の進路の一つとして、研究の道に進んでみたいと感じた。
- ・原子力に興味を持つ同世代の高専生と交流でき、自分の視野を広げる事ができた。

④ 放射性廃棄物分離分析実習（2023年1月23日～27日、対面開催）

(ア) 実習の様子

実習の様子を図29～32に示す。



図 29



図 30



図 31



図 32

(イ) 実習アンケート結果・感想

実習後に実施したアンケート結果ならびに感想について、下記に示す。

参加者 16 名

講義内容に興味を持てましたか？理解できましたか

・核燃料サイクルと廃棄物の処理処分

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・16人  | 2. よく興味を持てた・・・0人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・16人 | 2. ほぼ理解できた・・・0人  |

・分離技術の基礎

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・14人 | 2. よく興味を持てた・・・2人 |
| 1. 良く理解できた・・・13人  | 2. ほぼ理解できた・・・3人  |

・微量分析技術

1. 大変興味を持てた・・・13人      2. よく興味を持てた・・・3人  
1. 良く理解できた・・・13人      2. ほぼ理解できた・・・3人

・大学におけるデブリ研究のいま

1. 大変興味を持てた・・・16人      2. よく興味を持てた・・・0人  
1. 良く理解できた・・・16人      2. ほぼ理解できた・・・0人

・ICP-MS 分析を始めるにあたって

1. 大変興味を持てた・・・13人      2. よく興味を持てた・・・3人  
1. 良く理解できた・・・13人      2. ほぼ理解できた・・・3人

・トリプル四重極 ICP-MS における多原子イオン干渉の除去

1. 大変興味を持てた・・・13人      2. よく興味を持てた・・・3人  
1. 良く理解できた・・・13人      2. ほぼ理解できた・・・1人

講義内容に興味を持てましたか？理解できましたか？

・(I) 溶液基礎操作

1. 大変興味を持てた・・・16人      2. よく興味を持てた・・・0人  
1. 大変良く理解できた・・・16人      2. ほぼ理解できた・・・0人

・(II) 放射線計測

1. 大変興味を持てた・・・16人      2. よく興味を持てた・・・0人  
1. 大変良く理解できた・・・14人      2. ほぼ理解できた・・・2人

・(III) 模擬デブリの X 線回折

1. 大変興味を持てた・・・13人      2. よく興味を持てた・・・1人  
1. 大変良く理解できた・・・14人      2. ほぼ理解できた・・・2人

・(IV) 模擬デブリの走査型電子顕微鏡観察

1. 大変興味を持てた・・・16人      2. よく興味を持てた・・・0人  
1. 大変良く理解できた・・・16人      2. ほぼ理解できた・・・0人

・(V) ICP-MS 使用方法ガイダンスとメンテナンス

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・13人 | 2. よく興味を持てた・・・2人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・3人 | 2. ほぼ理解できた・・・2人  |

・(VI) ICP-MS 測定と検量線の作成

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・16人  | 2. よく興味を持てた・・・0人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・16人 | 2. ほぼ理解できた・・・0人  |

・(VI) 分離・分析

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・16人  | 2. よく興味を持てた・・・0人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・16人 | 2. ほぼ理解できた・・・0人  |

・(VII) 廃棄物処分

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1. 大変興味を持てた・・・14人  | 2. よく興味を持てた・・・1人 |
| 1. 大変良く理解できた・・・13人 | 2. ほぼ理解できた・・・2人  |

冬の学校の感想

・福島デブリの模擬試料を用いた研究について、現在の課題や将来の展望について、より深く理解することができた。

・放射性物質を取り扱う上で重要となる溶液の操作や放射線の計測、分析方法について、実習を交えて詳しく学ぶことができた。

・デブリ研究の最先端に関わる講師の方々から直接講義を受ける事ができ、多くの知識を得る事ができた。今後の研究に活かしていきたい。