

令和7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8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	1
1.2. 目的	1
2. 事業計画.....	2
2.1. 実験・実習.....	2
2.2. その他.....	3
3. 令和7年度の成果	3
3.1. 成果の概要（育成した人材の人数）	3
3.2. 各実施項目の成果	3
3.3. 参加学生等の進路	5
4. 結言.....	6

1. 事業の概要

1.1. 背景

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、また令和7年2月に閣議決定された第7次エネルギー基本計画で示された「バックエンドプロセスならびに再稼働の加速、次世代革新炉の研究開発等の推進」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。

1.2. 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ならびに金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターの大型実験施設（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 7 年度は、未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム（Advanced Nuclear Education Consortium for the Future Society : ANEC）の活動の一環として、以下の事業を実施する。ただし、COVID-19 感染拡大による影響等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。

また、令和 3 年度から実施している ANEC としての成果の取りまとめ方針の議論及び成果のとりまとめ準備に協力する。

2.1. 実験・実習

① 実験原子力総合実習

原子力分野を専攻する大学院生を主たる対象として、中性子の挙動、照射による材料特性の変化に関する実践的な理解を深めるため、4.5 MV ダイナミトロン加速器による加速器中性子源あるいは 1 MV 重イオン加速器を活用した「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」と、「PCTTRAN 実習（原子炉システムシミュレーション）」ならびに「RETRAN 実習（原子炉熱流動シミュレーション）」を中心として、これらを適切に組み合わせた実験、実習を行う。

② 実験原子力インターンシップ

機械系、電気系の高専生を主たる対象として、自分の専門となじみの少ない原子力分野とのつながりを知ってもらい、原子力分野の魅力に気づいてもらえるよう、「材料の基礎」から入り、「1 MV 重イオン加速器を用いた材料の照射による変化の観察」、「4.5 MV ダイナミトロン加速器を用いた運転実習と放射線の応用」を組み合わせた実習と原子力系研究室の見学を行う。

③ 中性子照射済み材料実習

原子力分野を専攻する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 大洗原子力工学研究所など原子力施設の見学も行う。

④ 高専生・大学生のための原子力材料実習

高等専門学校学生・大学生を対象として、原子力材料全般に関する教育を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 大洗原子力工学研究所など原子力施設の見学も行う。専攻を問わず、他分野からの応募も受け入れる。

⑤ 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。大学院生に加え、若手研究者（社会人）も受け入れる。

2.2. 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。加えて、広報資料の作成を実施する。

3. 令和7年度の成果

3.1. 成果の概要（育成した人材の人数）

令和7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）	R7
① 実験原子力総合実習	8
② 実験原子力インターンシップ	12
③ 中性子照射済み材料実習	9
④ 高専生・大学生のための原子力材料実習	17
⑤ 放射性廃棄物分離分析実習	15

3.2. 各実施項目の成果

3.2.1. 実験・実習

令和7年度は以下の実験・実習を事業として実施した。

① 実験原子力総合実習

原子力分野を専攻する大学院生を主たる対象として、中性子の挙動、照射による材料特性の変化に関する実践的な理解を深めるため、4.5 MV ダイナミトロン加速器による加速器中性子源あるいは1 MV 重イオン加速器を活用した「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」と、「PCTRAN実習（原子炉システムシミュレーション）」ならびに「RETRAN実習（原子炉熱流動シミュレーション）」を中心として、これらを適切に組み合わせた実験、実習を行った。

具体的には、令和8年1月20日（火）～23日（金）の4日間にわたって実施した。計8名の受講者（大学院生：5名、大学生：3名）が参加した。

② 実験原子力インターンシップ

機械系、電気系の高専生を主たる対象として、自分の専門となじみの少ない原子力分野とのつながりを知ってもらい、原子力分野の魅力に気づいてもらえるよう、「材料の基礎」から入り、「1 MV 重イオン加速器を用いた材料の照射による変化の観察」、「4.5 MV ダイナミトロン加速器を用いた運転実習と放射線の応用」を組み合わせた実習と原子力系研究室の見学を行った。

具体的には、令和7年8月18日（月）～22日（金）の5日間にわたって実施した。計12名の高専生が参加した。各種実習に加えて、ボードゲーム教材によるエネルギー教育

実習、研究室ツアー、ナノテラス見学、高専出身者との懇談を実施した。

③ 中性子照射済み材料実習

原子力分野を専攻する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、ミクロ組織観察(透過電子顕微鏡、3次元アトムプローブなど)などを行った。JAEA-JMTR と HTTR など大型原子力施設、千代田テクノル大貫台工場の見学を行った。

具体的には、令和7年8月4日(月)～8月8日(金)の5日間にわたって実施した。計9名の受講者(大学院生:6名、大学生:2名、社会人:1名)が参加した。

④ 高専生・大学生のための原子力材料実習

高等専門学校学生・大学生を対象として、原子力材料全般に関する教育を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、ミクロ組織観察(透過電子顕微鏡、3次元アトムプローブなど)などを扱った。JAEA 大洗原子力研究所など原子力施設の見学も行った。専攻を問わず、他分野からの応募も受け入れた。

具体的には、令和7年8月25日(月)～29日(金)の5日間にわたって実施した。計17名の受講者(高専生:17名)が参加した。

⑤ 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。大学院生に加え、若手研究者、社会人も受け入れた。

具体的には、令和8年1月26日(月)～30日(金)の5日間にわたって実施した。計15名の受講者(大学院:修士課程11名、博士課程2名、大学技術職員2名)が参加した。

上記①～⑤の詳細については、別添資料1を参照頂きたい。

3.2.2. 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(<https://anec-in.com>)を通じて発信した。当該HPは、ANECの活動を広く周知する目的で運用しており、具体的にはオンライン教材へのリンク集整備、キャリアレポート・実習体験レポートの作成・掲載を行った。加えて、広報資料の作成を行った。



図 3.2-1 ANEC HP に新たに加えたコンテンツイメージ

3.3. 参加学生等の進路

表 3.3-1 に、実習参加学生の進路調査結果を示す。

表 3.3-1 実習参加学生の進路（回答が得られたもの、在学生は除く）

学年	就職（原子力分野）	就職（非原子力）	進学
学部生	0	2	2
修士	3	0	2
博士	0	0	-

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ならびに金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター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。一部の参加学生は、実習内容に興味を持ち再びインターンとして訪れてくれるなど、実習をきっかけとした人的交流の流れが構築されつつある。すそ野拡大&人材獲得の観点から成果が出てきており、今後の継続・発展が望まれる。

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充実させ、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7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（2026年1月20日～23日、対面開催）

(ア) 実習の様子

実習の様子を図1～5に示す。



図 1



図 2



図 3

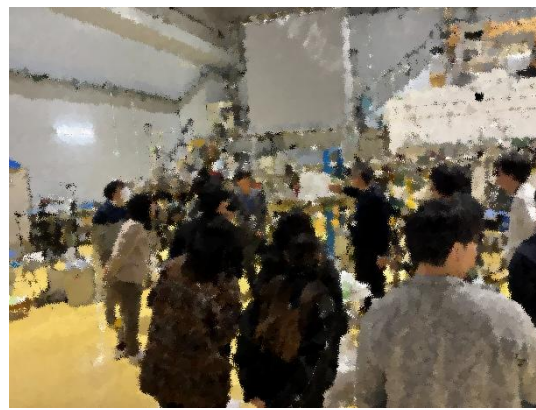


図 4



図 5

(イ)実習アンケート結果・感想

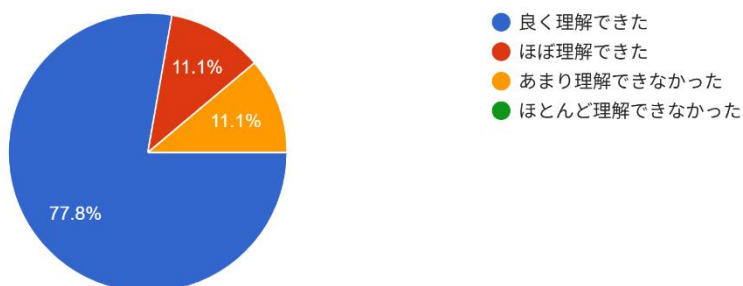
実習後に実施したアンケート結果ならびに感想について、図 6-1～7-2 に示す。

A) 放射線応用実習

1. 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)

・放射線応用実習 (1月21日(水))

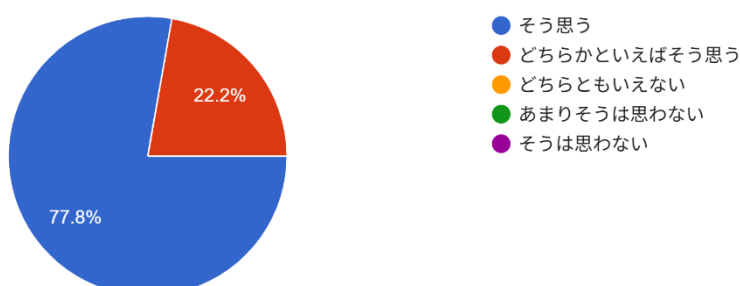
9件の回答



2. 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 6-2)

・放射線応用実習 (1月21日(水))

9件の回答



3. 感想

- ・未知のサンプルを測定し、結果を予測して互いに意見を交わし合う場面が非常に有意義だった。
- ・BNCT を学んでいたため細胞内ホウ素薬剤分布等に興味があり、PIXE にも興味を持っていた。今回使い方やグラフの見方を学べたためよかった。また実際に加速器を運転できる機会があり理解がしやすかった。
- ・話し合いの時間があったので意見交換が出来て良かったと思う。私は専門知識がないためあまり理解が出来ていなかったのでグループの人達の意見が聞けて良かった。
- ・決められた実験を行うだけでなく、追加の試料を測定し、実際の分析では簡単に元素の特定やスペクトルの解析が出来ないことが体験でき、良かった。今後、RBS を使用することがあれば今回の体験を活かしていきたい。
- ・ビーム通しより、エネルギーの計算などの方が、RBS の理解が深まりやすいのではないかと思います。

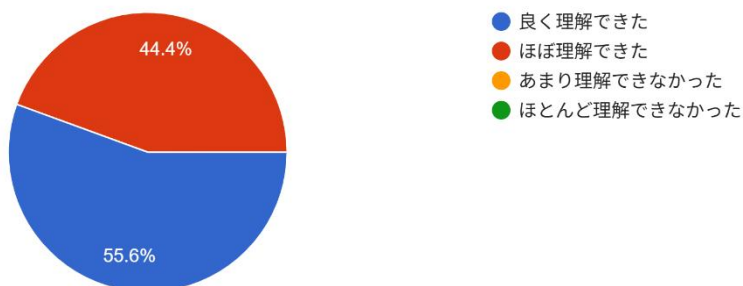
- ・放射線応用実習の内容は、自身の研究分野に近いものでした。そのため、所属施設とは異なる装置や実験手順を知ることで、自身の研究における問題点や改善すべき点を再確認することができ、非常に有意義でした。
- ・放射線がなぜ必要とされるのかといった初学者にも理解しやすく、親しみやすい内容からご解説いただき、スムーズに学ぶことができました。また、普段なかなか見ることのできないタンデム・ヴァンデグラフ型加速器を間近で見学する機会をいただき、大変貴重な経験となりました。さらに、実物を見学した後に仕組みについてご説明いただいたことで、装置の構造を頭に思い浮かべながら理解することができました。
- ・自分自身の研究と近く、これからの研究のヒントとなることも得られ良かった。

B) 中性子輸送挙動計測実習

1. 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 7-1)

・加速器中性子測定実験 (1月22日(木))

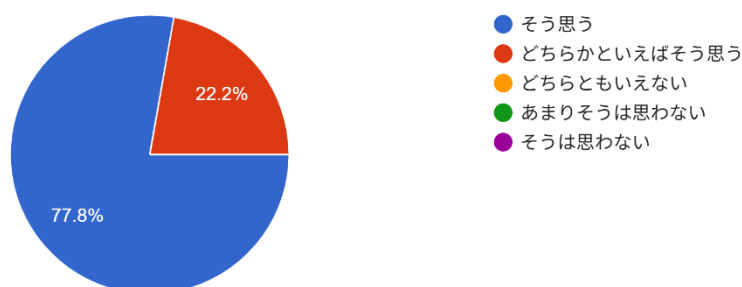
9件の回答



2. 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 7-2)

・ 加速器中性子測定実験 (1月22日(木))

9 件の回答



3. 感想

- ・ 実験セットアップの変更 (ポリエチレンブロックの移動) およびビーム照射 ON/OFF など体験できる場面が多かった点が良かった。結果を予想しながら、教員と学生が熱心に議論を深める点が良かった。
- ・ 自身の研究で高速中性子などをよく利用しておりよく理解できた。また今後の施設利用なども考えていきたい。中性子挙動についてはやはり考察が必要だと感じた。
- ・ 参加者全員で測定し考察しながら実験を行えて良かったと思う。
- ・ 中性子の特性を講義と実習を通じて理解を深められた。中性子と仲良くなれたと思う。実験の待ち時間にあった小話も中性子の特性についてイメージを掴みやすい話が多く非常によい実験実習だった。
- ・ 静電加速器のことについて詳しく知ることが出来て良かったです。資料もとてもありがたかったです。
- ・ 加速器中性子測定実験は実験条件を変えながら、中性子の挙動を理解することがとても楽しかった。また実験結果が理論値とかけ離れたことも面白かった
- ・ 最初に、基礎から時間をかけて丁寧に講義をしていただいたことで、ある程度理解した上で実習に臨むことができ、とても良かったです。また、通常であれば操作することのできないダイナミロン加速器を実際に操作し、実験に参加できたことを大変嬉しく思いました。参加者の方々と考えながら実験を進めていく過程も楽しく、理解を深めることができました。今回の実習を通して、中性子と少し仲良くなれたように感じています。
- ・ 中性子を使った実験はこれまで経験がなく中性子の挙動などを勉強でき大変よい機会となった。

C) 本実習全体を通して、良かった点、改善して欲しい点

(感想)

- ・ 午前は講義での座学、午後は実践的な実験と、非常に有意義な構成でした。実習の時間配分についても、過不足なく適切であったと感じております。情報系やBNCT研究といったさまざまな専門をもつ学生に対し、それぞれの特性に配慮した丁寧な運営がなされていた印象でした。
- ・ 本実習では自身がこれまで学んできたこと以外にも幅広く新たなことを学べたので非常に有意義な時間となった。また他の原子力、加速器、検出器関連の研究を行っている人とのコネクションができ、今後研究をしていくうえで互いに支えになるものであったと感じた。特に自身は原子力産業に従事しようと考えているため今後必要となる知識を吸収できた。今後は材料や放射線生物の分野の人材も実習に参加するとより話が広がるのではないかと感じた。
- ・ 東北大ならではの加速器運転等の実習ができてよかった。ナノテラス見学をしたかった。
- ・ 知識が少ない中でも、とても楽しく学ぶ事が出来たのが良かったと思う。他の大学の参加者の方とも交流出来て良かった。
- ・ 全体を通じて非常によい実習であったと感じる。加速器・中性子の専攻だけでなく、原子力について初めて学ぶ学生にもお勧めできる内容であった。また、学生同士の繋がりを作ることができ、今後の研究や学会等でもメンバーと交流し、自身の研究に活かしていきたいと考えている。
- ・ 一緒に参加した人や東北大のTAの方達と交流を深めることができて良かったです。
- ・ 実習全体を通して、イオンビーム測定以外の原子に関する分野のことを学ぶことができてとても有意義でした。また、講義内容以外に他大学の学生との交流ができて自分の視野を広げることができてとても良かったです。改善点はありません。
- ・ 自身の研究では体験することのできない規模の実験に参加する機会をいただき、大変ありがたく感じました。学生同士や教員の方々が一体となって考えながら実験を進めていく姿が印象的で、とても素晴らしい環境であると感じるとともに、これこそが本来あるべき研究の姿だと思いました。卒業まで残りの期間は少ないですが、今取り組んでいる研究に精一杯向き合い、後輩や研究室に少しでも役立つ形で残していきたいと、本実習を通して強く感じました。
- ・ 多くの装置の見学が出来たことや先生や学生とコミュニケーションが取れたことは今後の糧ともなり良かったです。

② 実験原子力インターンシップ (2025年8月18日～22日、対面開催)

(ア) 実習の様子

実習の様子を図8～12に示す。

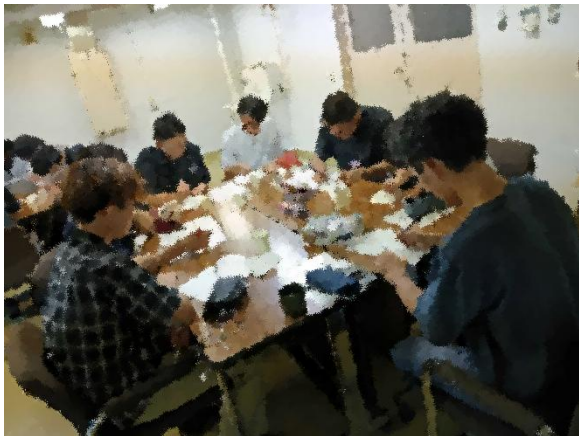


図 8



図 9



図 10



図 11

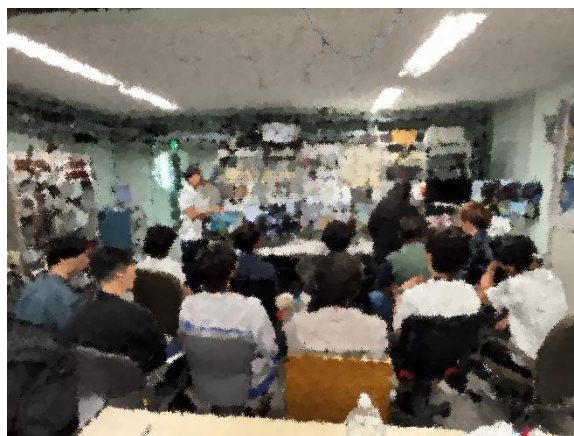


図 12

(イ) 実習アンケート結果・感想

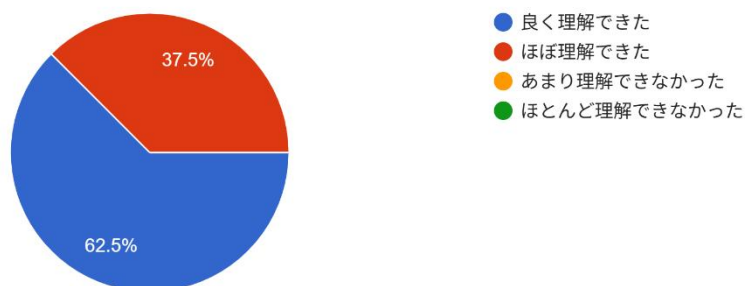
実習後に実施したアンケート結果ならびに感想について、図 13-1～15-2 に示す。

A) 原子炉材料照射実習

1. 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)

金属材料の強度と劣化に関する講義・実習 (8月20日(水))

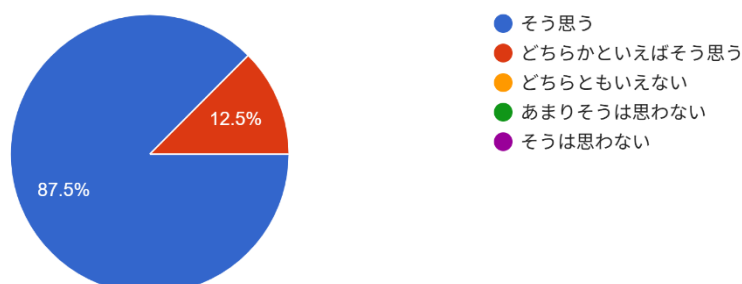
8件の回答



2. 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 13-2)

金属材料の強度と劣化に関する講義・実習 (8月20日(水))

8件の回答



3. 感想

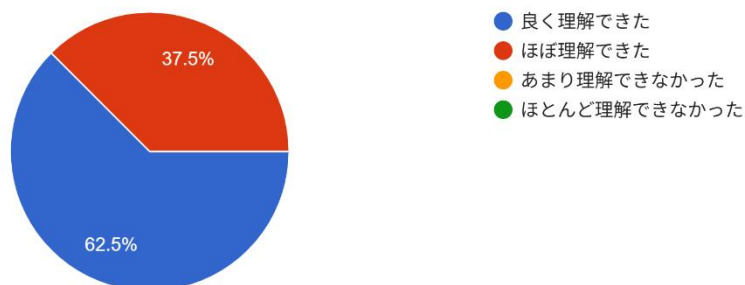
- ・ 化学分野における応用を知ることが出来、有意義だった。
- ・ 講義では実際の出来事を絡めて説明していただいたためわかりやすかった点。また、実習では材料の表面を授業などでしか見ることができなかったので実際に観察することができた点。
- ・ 金属材料に関する話だけでなく、今現在の原子力発電所の状況や電力供給の社会課題なども聞きくことができとてもおもしろい講義でした。実習では、実際に金属の表面を観察することができておもしろかったです。
- ・ 放射線や中性子が金属材料に及ぼす影響を理解することができました。

B) 放射線応用実習

1. 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 14-1)

加速器見学ならびに運転体験実習（8月21日(木)）

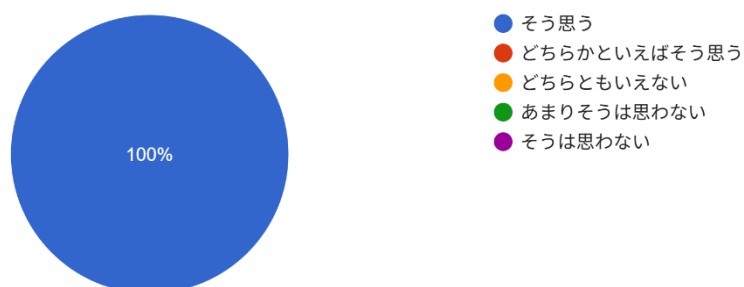
8件の回答



2. 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。（図 14-2）

加速器見学ならびに運転体験実習（8月21日(木)）

8件の回答



3. 感想

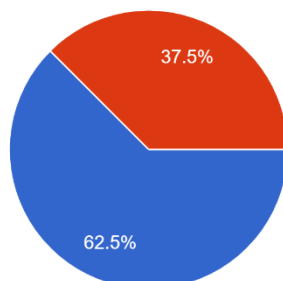
- ・ 加速器の原料や操作が面白く、特に元素同定に興味を抱けた。また、他の参加者の方の活動から、EXCEL 操作の重要性を知る機会にもなった。
- ・ よかった点は、加速器の原理や実習を通しての結果から加速器を理解できた点。また、Nano Terasu の加速器とは別の使用例や長所を生かしていることが理解できた点。
- ・ ビームをあてた物体がどんな元素でできているのかを考えるのが楽しかったです。
- ・ 大学内にある加速器施設を見学し、加速器がどのようなものかを深く理解することができました。

C) 中性子輸送挙動計測実習

1. 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 15-1)

中性子を使ったイメージング実習 (8月22日(金))

8件の回答

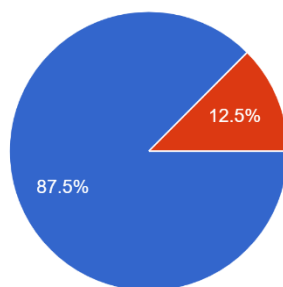


- 良く理解できた
- ほぼ理解できた
- あまり理解できなかった
- ほとんど理解できなかった

2. 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 15-2)

中性子を使ったイメージング実習 (8月22日(金))

8件の回答



- そう思う
- どちらかといえばそう思う
- どちらともいえない
- あまりそうは思わない
- そうは思わない

3. 感想

- ・ イメージング自体も面白く、また前日においても言えることだが、加速器制御のシステム構築(先代の方々が段階的に改善している)に対しても、情報系として興味を抱けた。
- ・ よかった点は、中性子などを材料に当てることで反応する原理がわかりやすかった点。また、具体的な実習の内容が理解できた点。虫や葉っぱなどの構成している元素がわかった点。
- ・ 物体によって見えたり見えなかったりしておもしろかったです。
- ・ レントゲンなどの仕組みを理解することができた。

D) ボードゲーム教材によるエネルギー教育実習 (8月18日(月))

(感想)

- ・エネルギーの供給や配分についての学習を、ゲームを通して楽しく始められた。また、レポート活動を通してその知見を更に深めることが出来た。
- ・よかった点は、初めて会う他高専の人たち、東北大学の先輩と話すきっかけや話題などを作っていただいた点。
- ・各発電方法の特徴や発電所の運用について楽しみながら理解することができました。
- ・初日に実施することによって、他のインターン参加者の方々と親睦を深めることができたのでよかったと思いました。
- ・初日に行くことで、インターン生との壁をなくすことができました。

E) 研究室ツアーならびに体験実習 (8月19日(火))

(感想)

- ・核融合への理解と興味を深めることが出来た。
- ・よかった点は、具体的な研究内容を教えていただくことができた点。
- ・装置や資料を見ながらお話を聞くことができたので、各研究室の概要を把握しやすかったです。
- ・研究室でどのような研究をなさっているのか説明していただき、知見が広がったのが非常に良かった。
- ・多くの研究室を短時間でわかりやすく説明していただきました。

F) 高専出身学生との懇談 (8月19日(火))

(感想)

- ・編入や院試対策の参考になった。TAの方々にも好印象を抱けた。
- ・よかった点は、苦悩した点や改善点を教えていただいた点。また、将来の話などを具体的に教えていただいた点。
- ・受験に関する様々なお話を聞かせていただけました。とても参考になりました。
- ・高専時代や大学編入した後の生活のイメージがとても詳しくできるようになったのが良かったです。
- ・質問できる時間が十分にあり、とても良かったです。
- ・スライドを用いた紹介が大変ためになりました。質問にも快く回答していただきました。

G) 次世代放射光施設 (NanoTerasu) 見学 (8月20日(水))

(感想)

- ・ ナノテラスの規模や迫力を間近で体験出来たことで、本インターンシップで一番感慨深かった。また、加速器に対して深く興味を抱ききっかけにもなった。
- ・ よかった点は、最先端の加速器を間近で見ることができた点。また、加速器の使用例や長所を理解できた点。
- ・ 最先端の設備を見学させていただくことができとてもよかったです。
- ・ 世界で1番の加速器をこの目で見るができる数少ない体験ができて良かったです。

H) 本実習全体を通して、良かった点、改善して欲しい点

(感想)

- ・ 本インターンシップを通じて加速器に対して興味を抱けました。元素同定やイメージング、装置の迫力に加えて、その制御のシステム構築と言う点で貢献できることに感銘を受けたからです。可能であれば、松山研に所属と言う形で、東北大学に編入したいと言う志望も抱けました。
- ・ よかった点は、授業や実習の説明がわかりやすく、雰囲気良かった点です。改善してほしい点は、ほぼ気になることではないのですが少し先生間の連絡が悪かったと感じました。
- ・ 説明や見学だけではなく体験ができたのでとても楽しかったです。
- ・ 初日にボードゲームを行ったのが良かったと思います。他の参加者の方々との親睦を深める上で非常に良い実習だったと考えます。
- ・ あまり専門の分野ではなかったですが、新しい知識を知ることができ、進路の幅が広がりました。
- ・ 大学院生や教員の方々が全面的に協力して下さった点が良かったです。

③ 中性子照射済み材料実習 (2025年8月4日～8月8日、対面開催)

(ア) 実習の様子

実習の様子を図16～19に示す。



図 16



図 17



図 18



図 19

(イ) 実習アンケート結果・感想

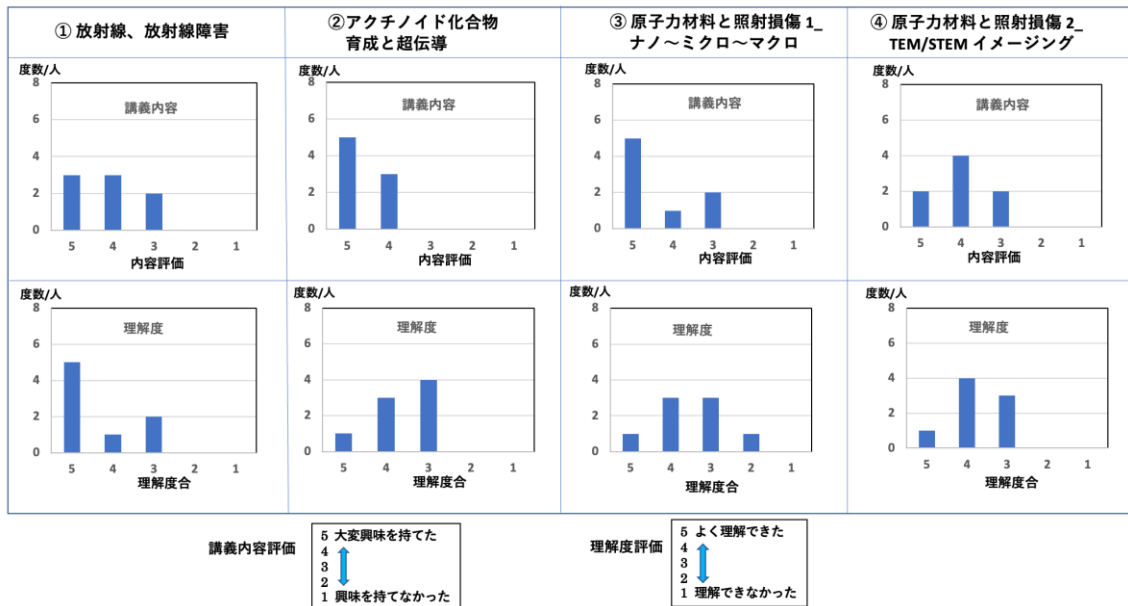
1. 参加校：東北大学 量子エネルギー (3名)、富山大学 (2名)、大阪大学、岩手大学、総合研究大学院 各1名、社会人 (KEK) 1名 計 9 名

2. 学年：学部 4 年 2 名、修士 1 年 3 名、修士 2 年 3 名、

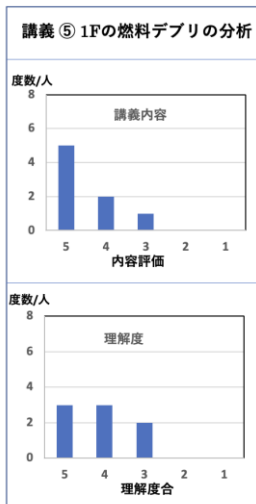
以上の 9 名が興味・理解度の集計に協力。

中性子照射済み材料実習_講義アンケート (図 20-1)

夏の学校2025 アンケート集計_講義①～④



講義⑤



① 放射線、放射線障害

- ・大学での RI 教育の復習となった。
- ・見学予定のガラスバッチ工場（千代田テクノル）との関連で予備情報として役立った。
- ・元素が生成される宇宙（核融合、超新星爆発）に対して、生成された原子が、核分裂（核壊変）により安定な核種に変化する世界との対比が興味深い。

② アクチノイド化合物と超伝導

- ・初めて聞く内容で非常に興味深い：2名
- ・強磁場中でも超伝導状態が発現する材料ならば、核融合炉に適しているのではないか。同時に強磁場での計測・制御は難しいのではないか。
- ・化合物結晶の育成について大変なこと（重要なポイント）があれば知りたい：昇華を利用した気相合成 vs 溶液からの合成の相違を認識したい：2名

③ 原子材料_照射損傷

- ・マテリアルデザインウインドウの概念・重要性の認識を得た：2名
- ・中性子照射欠陥の量子化学計算のモードに関して疑問あり：VASP or OE において 配置格子が H なのか He なのか？
- ・照射損傷について詳しく知ることができた。

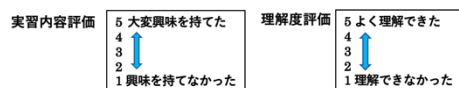
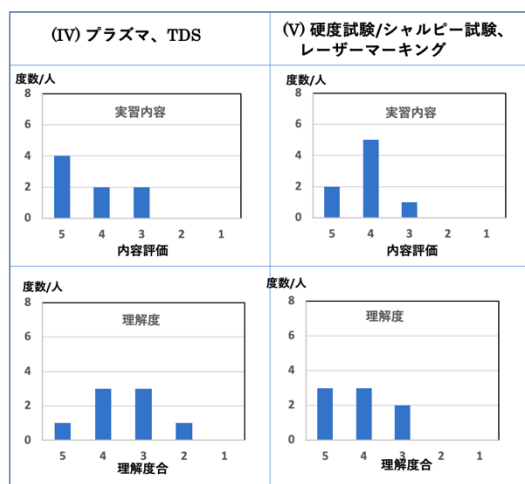
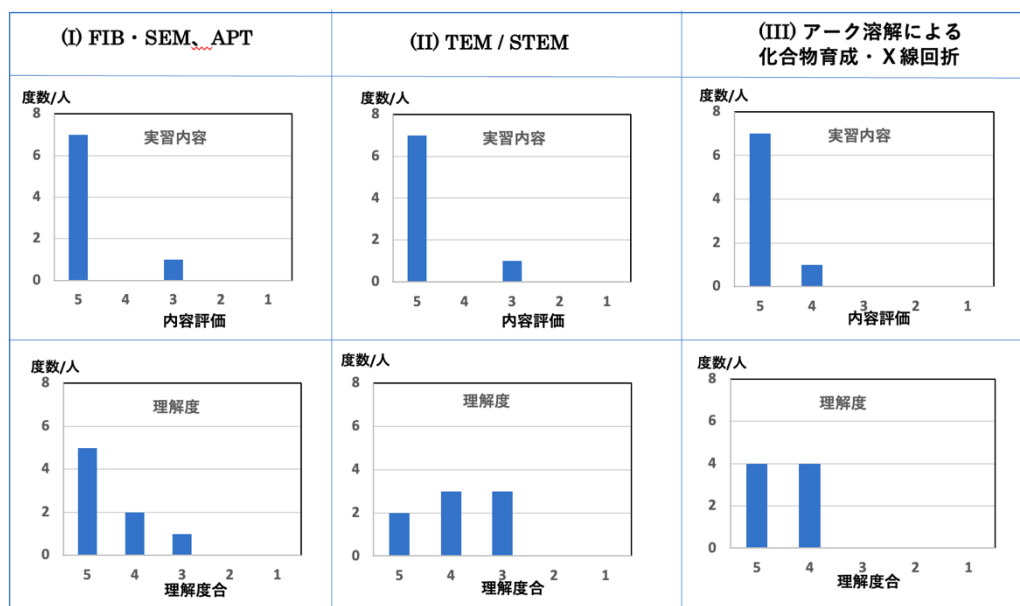
④ 原子力材料_TEM/STEM イメージング

- ・原理がよくわかった。ただ、TEM/STEM 実習の前に聞いておきたかった：2名
- ・使用法や原理を考えるのが楽しい：自身の合成している結晶の分析に使ってみたい：2名

⑤ 1F の燃料デブリの分析

- ・燃料デブリの分析や福島事故の現在の進捗に関して知見を得られて良かった：2名

中性子照射済み材料実習_実習(I)-(V)アンケート (図 20-2)



① FIB, APT

- ・自身が使用している試料とは異なり、複雑な結晶が入り乱れている系の分析の体験が楽しかった。
- ・FIB の操作は難しかった：2名
- ・よく理解することができた：粒界偏析の様子など：2名

② TEM/STEM

- ・詳しい使用法についてはよくわからない部分もあったが、どういう観察ができるのかはよくわかった。
- ・STEM 操作は TEM と比較して簡単、TEM 操作は難しかった：2名
- ・RI 試料の観察ができたこと（照射損傷の観察）は有意義であった
- ・真空を利用する装置の観点から参考になる点があった。回折を利用する装置に触れて楽し

かった。

③ アーク溶解、X線回折

- ・アーク溶解について詳しく知ることができた：2名
- ・温度を均一に保つ工夫が垣間見えた。
- ・もう少し扱えるように（活用できるレベルまで）なりたかった。

④ プラズマ、TDS

- ・自身の研究を進めるうえでのヒントを多く得られた
- ・初めてプラズマを見た。核融合の分野について考えるとともにプラズマを利用する例を知ることができた。
- ・内容が難しかった。

⑤ 硬さ・シャルピー試験、レーザーマーキング

- ・中性子照射で金属が脆化するのと同様に、温度低下により、金属が壊れやすくなることを体感できた。実際の現場で金属がここまで冷却される状況があるのか気になった。
- ・シャルピー試験の目的、監視試験片についてももう少し細かく勉強します

アンケート施設見学

1) 千代田テクノル

- ・日頃使用するガラスバッチ（線量計）の製造・検査に関して、機械化（高速化/自動化）されている点（技術力の高さ）に感心：3名
- ・ガラスバッチの中の構造が詳しく知ることができたことに感動した：2名

2) JAEA

- ・新型炉である高温ガス炉や常陽の再稼働を通してエネルギー問題のみならず、水素社会への実装や放射線を用いた医療への貢献など、広い視野を持って研究活動をしている点に感銘。
- ・貴重な体験であった_実際に原子炉の中・管理区域にはいり見学できたこと：2名。

【懇談会】：見学後の JAEA 若手研究員_3名 を交えての交流会より

- ・働きやすさ：対民間企業との比較において、理不尽なきつさ（辛さ）はないのではないか。
- ・働く motivation として水素製造に携われる点への魅力がある。
- ・向上心の持ちようの影響が大きい

4. 自由コメント

1) 印象に残った点

- ・3次元 APT による分析：取得できる元素分布の精緻性（原子スケール）から、自身の研究（異種接合材）への適用も可能かと思われた。

- ・自作の（自分たちで組み上げた）装置（CDPS、テトラアーク炉）での実習は、装置作りを志す上で印象的であった。
- ・JMTR の人がイキイキしていたこと。原子炉管理区域の警備の厳重さ。
- ・意欲的で優秀な学生さんたちと実習できて刺激的でした_社会人受講者より。
- ・材料組織のスケール感覚：nm ⇒ mm の世界を認識できた。

2) 良かった点

- ・通常入る機会のないガラスバッチ工場（千代田テクノル）や JAEA 大洗研の施設見学等は非常に貴重な体験となった：3名
- ・普段利用している技術から知らなかったことまで、幅広く原子力材料に関する実習を通して知見を深められた。
- ・他分野の人と交流をもてたこと。
- ・水分の支給はありがたかった。
- ・濃密な5日間の実習であった。

3) 改善してほしい点

- ・いくつかの実習では、時間が足りず最後までできなかった。時間配分（人数配分）の調整を行っていただきたい。
- ・TEM/STEM の講義を実習の前にやってほしい。
- ・懇親会・会食の機会があればよかったのではないかと思う。：3名

④ 高専生・大学生のための原子力材料実習（2025年8月25日～29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



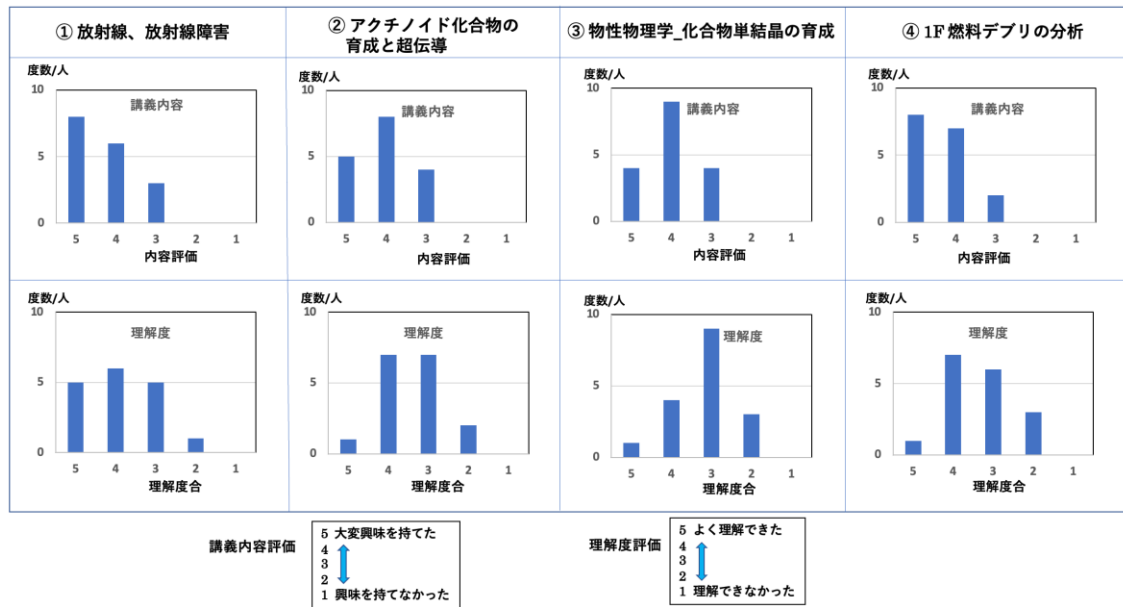
図 24

(イ) 実習アンケート結果・感想

2025 高専インターンシップ アンケート：17名の受講生からのコメント集計

1. 参加校：茨城(4名)、群馬(2名)、小山(2名)、新居浜(2名)、
苦小牧、富山、仙台、沼津、松江、阿南、和歌山 各1名
;計17名
2. 学年：専攻科1年3名、5年1名、4年12名、3年1名
3. 所属学科：機械系4名、電気・情報系5名、化学・材料系5名、
環境工学系3名

高専インターンシップ_講義アンケート (図 25-1)



① 放射線、放射線障害

- ・放射線に関して（放射線の計測、人体への影響、核分裂等）分かりやすい説明がなされ、基本的なことがよく理解ができた：7名
- ・放射線、放射線障害について学び、有害さについて理解できた：2名
- ・大事なことなので、最初にもう少し時間をかけてもよかったのではないか。
- ・放射線が身近にあること（野菜や果物中の K40）、放射線医療への応用、新たな元素の発見（Nh113）など幅広いところで関連している点など興味深い話であった。

② アクチノイド化合物

- ・磁性研究の歴史や超伝導の応用について学ぶことができた。
- ・初めて聞くこと（超伝導に関連すること）が多く、難しさもあるが、興味深かった：2名

- ・アクチノイド化合物と超伝導現象との関連が興味深い：2名
- ・極低温への冷却（液体窒素、液体ヘリウムなどの冷媒により）に伴う電気抵抗低下_超伝導現象は、非常に興味深い：2名
- ・超伝導と磁性の関連について学んだ：無機化学（物性物理）をもっと学び、本質的な理解をしたい。

③ 物性物理学の魅力_楽しい化合物の単結晶育成

- ・担当講師（大貫先生）の熱意が伝わって来た：物性物理の世界_化合物単結晶・半導体_の魅力が感じられた_4名
- ・初めて習う内容でやや難しい感じがしたが、面白い内容だった：3名
- ・量子論をもっと学び、この分野の知見を広げたい。

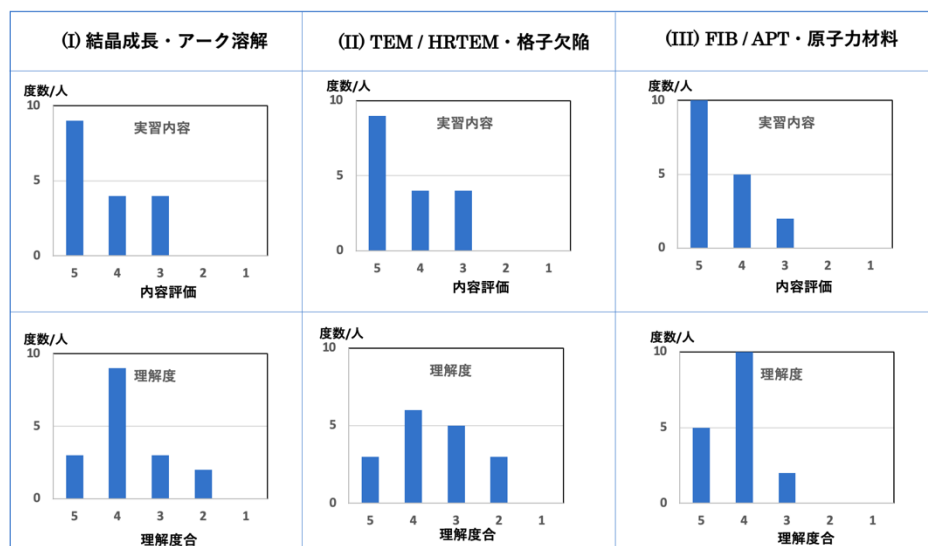
④ 1F の燃料デブリの分析

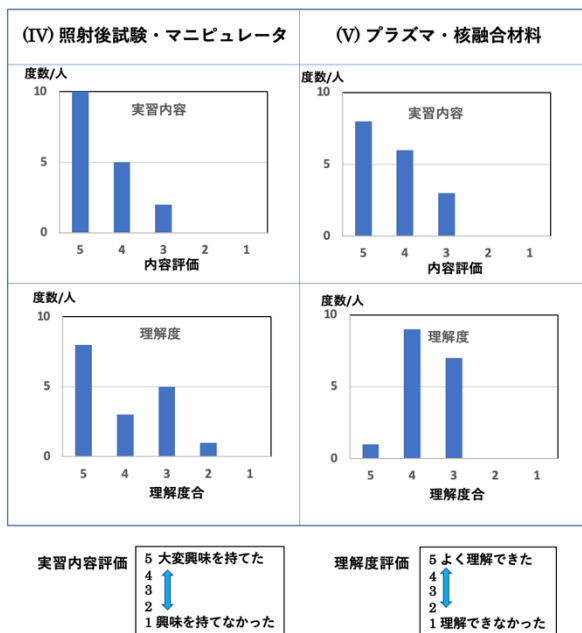
- ・様々な放射性物質の分析動向について_簡略化、迅速化できたこと等技術の進歩を理解できた：微量かつ多種にわたる核種の分析の必要性を認識した。2名
- ・原子力材料分野の研究が基盤になっている技術分野である点を認識した。
- ・1F 事故処理（廃炉）には多大なコスト、人員、時間がかかることを知り、関係者の偉大さ（多大な労力を伴うこと）を感じる：2名。
- ・燃料デブリについてわかりやすい説明があり、理解しやすかった。

一方で、以下のようなコメントもあった。

- ・内容を理解するのに難しさを感じた：2名

高専インターンシップ_実習アンケート（図 25-2）





(I) 結晶成長・アーク溶解

- ・金属を混ぜて溶解し、冷却時に金属化合物・結晶が出来てゆく様子が興味深い：4名
- ・結晶成長・単結晶育成（チョクラスキー）_原理を知ることができた：2名
- ・アーク放電により金属を溶解する様はすごいと感じた：3名
- ・担当講師の説明は理解しやすかった。
- ・PC を利用（X線回折用ソフト）しての解析が難しく感じた。

(II) TEM/HRTEM

- ・ピント合わせの操作が多く、技術的に難しく感じた：4名
- ・担当講師の説明がわかりやすかった：回折現象についての原理、明視野/暗視野の理解、ナノのスケール（結晶格子スケール）まで観察できることに感心した：3名
- ・電子顕微鏡装置のすごさ：観察できるサイズとは対照的に非常に大きな顕微鏡であることに驚く。
- ・結晶粒界 3 重点の観察ができ、各結晶粒の方位が異なることを知った_材料の微細組織・構造を示す実例を観察できたことに感動した。
- ・電顕室の冷房が効きすぎ寒かった：装置の性質上（電子線を精密に制御する必要上）部屋の温度を一定に保つ必要があることへの認識が必要だった。

(III) FIB/APT・原子力材料

- ・イオンビームを用いたナノメートルの微細加工技術（人の目に見えないものの世界）に感動：6名
 - ・物質中の原子の位置が立体的に把握できることが興味深い：2名
 - ・担当講師の説明が素晴らしく、理解しやすかった：2名
- 一方で以下のような意見も寄せられた

- ・とても小さなスケールでの世界の話で、難しく感じた：2名

(IV) 照射後試験、マニピュレータ

1) マニピュレータ：

- ・とても分かりやすい、楽しい実習（遠隔で文字を書くことなど）だった：2名
- ・遠隔アームの扱いは難しくもあり、肉体的にもきつかった（手が痛くなった）が、楽しかった：4名

2) 照射後試験：機械試験（シャルピー試験、硬度試験）、レーザーマーキング

- ・レーザーマーカークの走査の速さに驚く。
- ・機械試験は授業で習っていたが、実習により実体験（材料や装置に触っての実測定）ができたのは貴重であった。
- ・模擬ながら、鉛ガラス越しの作業の大変さを体感した。

(V) プラズマ・核融合材料

- ・核融合について新たに（核分裂との相違）学び、興味をおぼえた。：5名
- ・プラズマを見たのは初めてだったが、核融合のためには必要なものであり、核融合炉材料との相互作用（重水素の侵入深さ）が問題になると学んだ。：4名
- ・プラズマ装置（CDPS）が既製品ではなく手作りであることに感心し、その装置に触れたことは貴重な機会であった。：2名

3. 施設見学

① 千代田テクノル

- ・ガラスバッチについて（線量計としての機能を）知ることのみならず、それが出来上がるまでの工程を見学できたことは有意義であった。：6名
- ・製造設備に感心した：自動化が進んでいること、生産ラインがきちりしていること、工場内がきれいであること等。3名
- ・放射線計測技術の現場を直接見学できたことで、理論と実務のつながりを実感できた。

② JAEA 大洗研究所 + table discussion

- ・実際の原子炉を見学できて感動した（次世代炉の見学等貴重な体験であった。想像したより規模が大きい）：5名
- ・安全管理面や警備の厳重さを認識した：4名
- ・高専卒の職員からリアルな話が聞け、将来の自分の姿が見えたように思う。
- ・現場での仕事の進み方に触れた思いがする。
- ・就職先として興味を覚えた（抱いていたイメージが具体化された）：3名。
- ・施設の見学や JAEA で働く若い先輩からのトークを通じて、原子力分野で働く（仕事をする）イメージを持てたように感じた。

3. 自由コメント

1) 印象に残ったこと

- ・ マニピュレータの操作は、楽しい実習であった：3名
- ・ JAEA の施設見学が印象的だった_敷地の広さ、警備の厳重さに驚く：2名
- ・ 最先端の現場見学_高速炉技術・高温ガス炉等_は、貴重な経験であった。
- ・ 原子力施設で働く人の熱意が伝わってきた
- ・ 原子力は様々な工学分野（機械・電気・化学等）の融合した分野であり、いろいろな分野の人（研究者）がいると認識した：2名
- ・ 就職か進学か思案中であるが、今回のインターンシップでは両方の現場を見学できて、今後の進路を決めるうえで非常に参考になった。
- ・ 手作りの装置で核融合材料/プラズマ相互作用の研究をしていることに感心した
- ・ 実習講師（先生方）の研究に対する柔軟な姿勢に感心し、自分も見習いたいと思った

2) 良かった点

- ・ 進路に関する説明を聞く機会があったのはありがたかった：2名
- ・ 内容の濃い充実した講義・実習・見学であった_3つを同時に体験できたのはありがたい：4名
- ・ 普段見ることのない装置（電子顕微鏡、マニピュレータ等）に触れることができたこと：2名
- ・ 工学寄りの専攻ではあるが、このインターンシップで理学分野（物性論・固体物理学）にも興味がわき、進路を考えるうえで良きヒントとなった。

3) 改善点・要望

- ・ 初日に原子力・放射線に関する導入内容を増やしてほしい：講義・実習の理解が深まるのではないかな。
- ・ スケジュールが少しタイトではないか：実習が時間ぎりぎりまでかかることがあった。
- ・ 専門用語が多く、難しかった。
- ・ 言葉の壁のため資料の理解が十分できなかった_留学生より。
- ・ 昼食は、弁当ではなく食堂でとりたかった。

⑤ 放射性廃棄物分離分析実習（2026年1月26日～30日、対面開催）

(ア) 実習の様子

実習の様子を図26～29に示す。



図 26



図 27



図 28

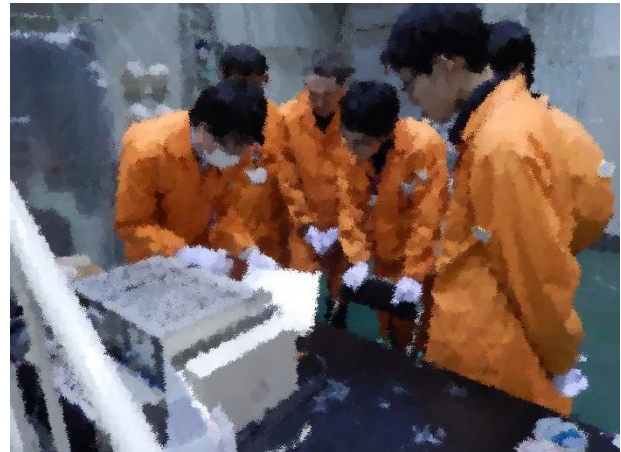


図 29

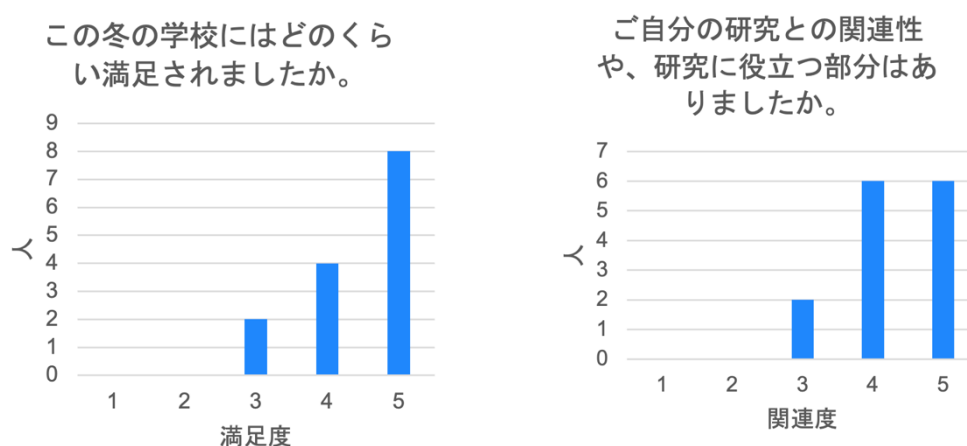
(イ) 放射性廃棄物分離分析実習アンケート結果・感想

2025 アンケート結果：14名受講生からのコメント集計

1. 参加校：東北大学 量子エネルギー（5名）、長岡技術科学大学（6名）、
大阪大学（2名）、京都大学（2名）
2. 学年：修士1年10名、修士2年1名、博士2年1名、博士3年1名

放射
性
廃
棄
物

分離分析実習全体に関するアンケート 図 30



(1) この冬の学校では、主にどのようなことを習得しましたか？

- ・ ICP-MS の使い方を覚え、溶液の希釈方法も学びました。私の研究にとって本当に役立ちました。
- ・ ICP-MS/MS に限らず、実験全般に使える考え方(コンタミや誤差、溶液調製の精度など)
- ・ ICP-MS/MS の仕組みや使い方 極微量分析ならではの汚染やメモリー効果への敏感さ
私の研究での分析は極微量ではなく ppm オーダーだが汚染やメモリー効果に気をつけることで信頼性の高いデータを取得していきたいと思った。
- ・ 特に、機器分析について学んだ。コンタミや誤差への考え方など、MS 以外にも適用できそうなことを学ぶことができた。また、バックエンドの研究についても多くの先生方から興味深い話を聞くことができた。
- ・ カラム分離や高感度分析手法における、コンタミ防止や効率化、正確性の向上といった様々なテクニックを学ぶことができた。
- ・ Initially, the lectures we had allowed me to deepen my understanding or discover topics related to analytical chemistry, measurement device guidance, nuclear waste management and disposal. I particularly learned more about debris science and nuclear waste management in Japan. Regarding analytical chemistry, I was able to understand its central role in research related to nuclear waste. As for the practical work, it was the first time I had

used an alpha and gamma spectrometer as well as ICP-MS. I therefore learned how they work and how to use them both theoretically and in practice. Regarding the analysis and separation of actinides, I had not thought about all the problems that can prevent separation and analysis. I therefore discovered the problem and the solution, particularly concerning nuclides that form complexes with gas and have the same mass as the nuclide we want to analyze. With regard to data analysis, I also learned how to analyze data from different machines and verify their accuracy. Finally, with regard to practical work, I was able to carry out certain chemical manipulations and revise points I have learned before such as complexation and chromatography.

- 重量比による標準液調製、検出下限と定量下限の違い、検量線ブランクと操作ブランク、サンプル導入チューブのメンテナンスなど、ICP-OESにも応用できそうなノウハウを習得できた。ベントナイトのNp拡散抑制メカニズムも今後の自分の研究に活かせそうだと感じた。
- ICP-MSMSに関して夏に学習したことのおさらいにもなりましたし、検量線の作成もすこしばかり理解出来ました。
- 冬の学校に参加させて頂いて、まだ自分一人でICP-MS/MSを操作できるわけではないが、ICP-MS/MSについての理解は深まった。今後、自分の職場の装置の点検などを行っていく必要が出てくるかもしれないので、実習で得た知識（ピペットの操作方法や検量線の作成方法など）を生かしていきたい。
- 分析技術
- About chromatography, I learned about how to handle different particle size of resin in column chromatography.
- ICP-MS/MSについての知識は特に興味深いです。自分の研究として、デブリ分析場合は役立と思います。
- ICP-MS/MSの測定方法だけでなく、バックグラウンドやコンタミに対する捉え方など化学分析において重要な考え方を習得することができました。自分の研究で使用するのは、ICP-MSですが活かせる部分が多くあり非常に有意義な経験でした。
- ICP-MS/MS等の分析装置を用いた実習を通じデータが導出されるプロセスとその精度の限界について学びました。現在の私の研究テーマで直接この装置を使う予定はありませんが、私の研究している核融合炉は複合領域であるため将来的に材料・分析分野の専門家と議論や連携を行う際、測定原理を理解していることは大きな武器になると感じています。自分の専門領域と隣接する領域の解像度が上がったことが、今回の一番の収穫です。

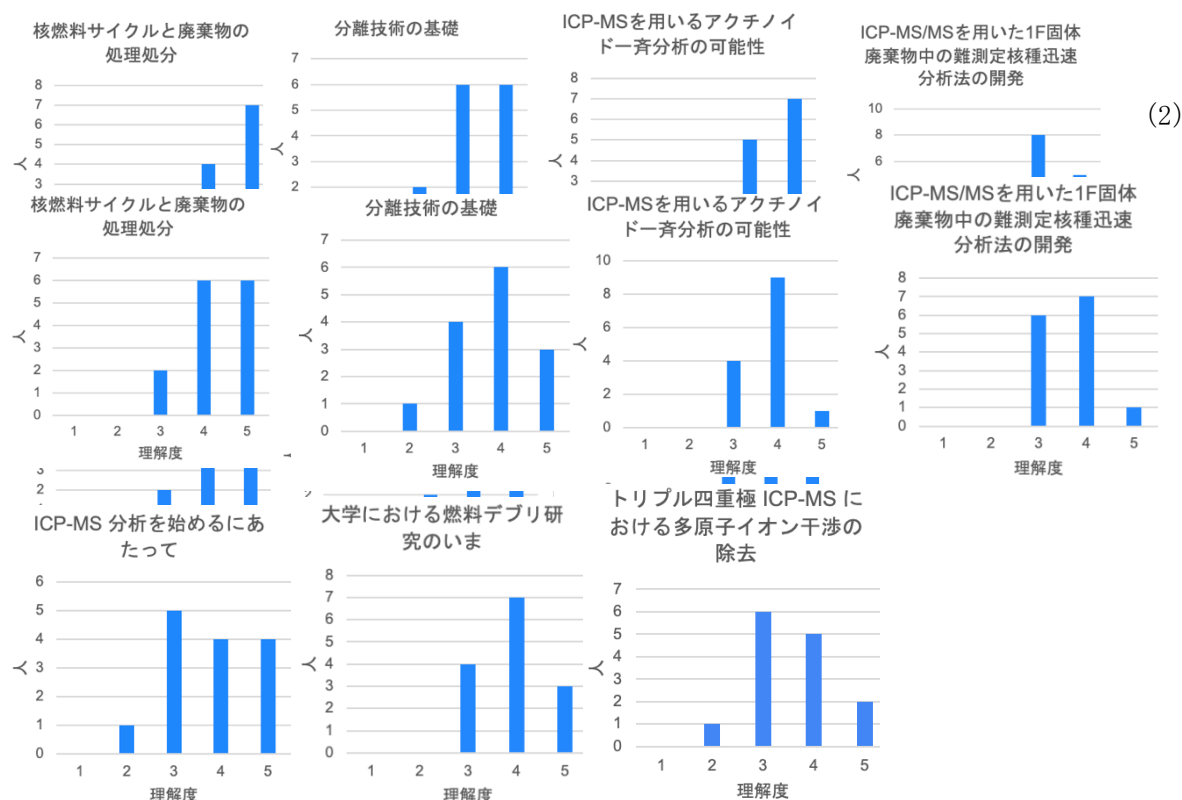
(2) 他に内容に関してコメントや質問がございましたらご記入ください。

- 仕方ないと思うが測定の待ちの時間が少し長く感じ、その時間が手持ち無沙汰になるのが残念だった。

- It was great to be able to directly apply what we had learnt during lectures. It was also great to carry out practical work in small groups and have personal explanation about unclear points.
- I was wondering if the winter school can be extended to 2 weeks. Just an idea.
(3) 日程や宿泊、送迎、食事他、希望やコメントあればお知らせください。
- 自販機が遠いため、1日1本飲み物があるとよかった。
- I would like to thank Oarai School for accepting my participation despite my limited Japanese language skills. It was very interesting for me, and I was able to understand more deeply thanks to the English version that was provided to me.
- ICP-MS/MS のメンテナンス方法の動画を見る時間があつたが、実物を見ていなかったの
で動画を見ても頭に入らなかった。
- I actually would like to appreciate the management on arranging my special meal, thank
you.

放射性廃棄物分離分析実習 講義アンケート

(1) 以下の講義について、内容に興味が持てましたか？ (図 31)



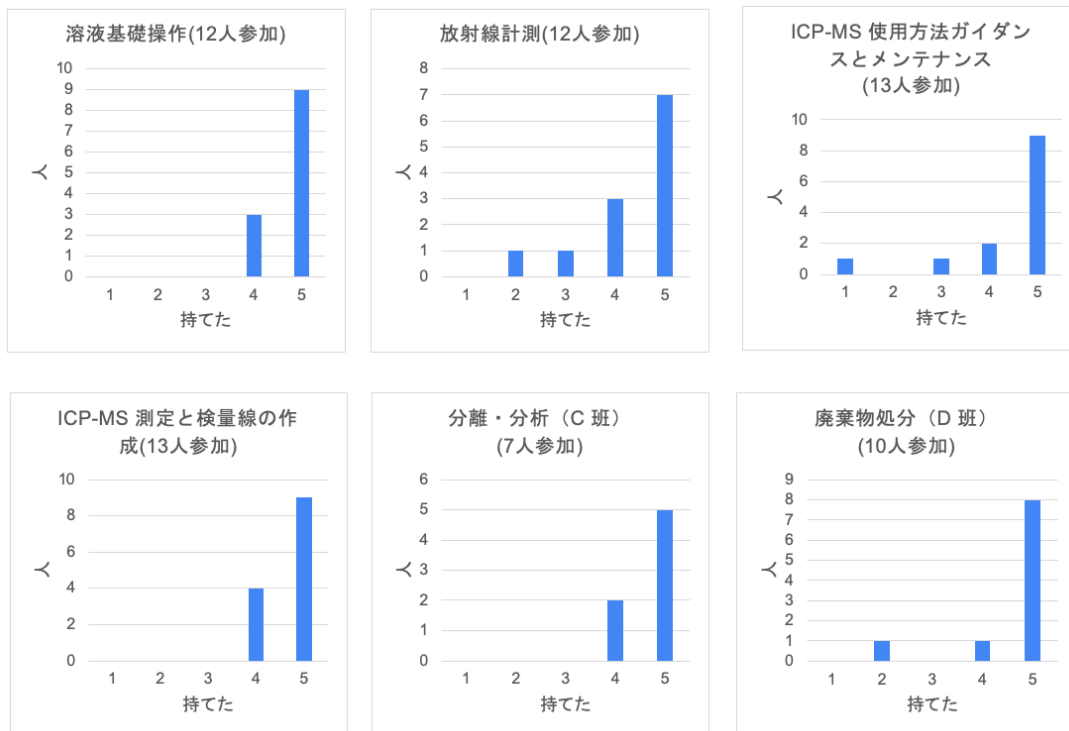
以下の講義について、理解できましたか？ (図 32)

講義に関する自由コメント

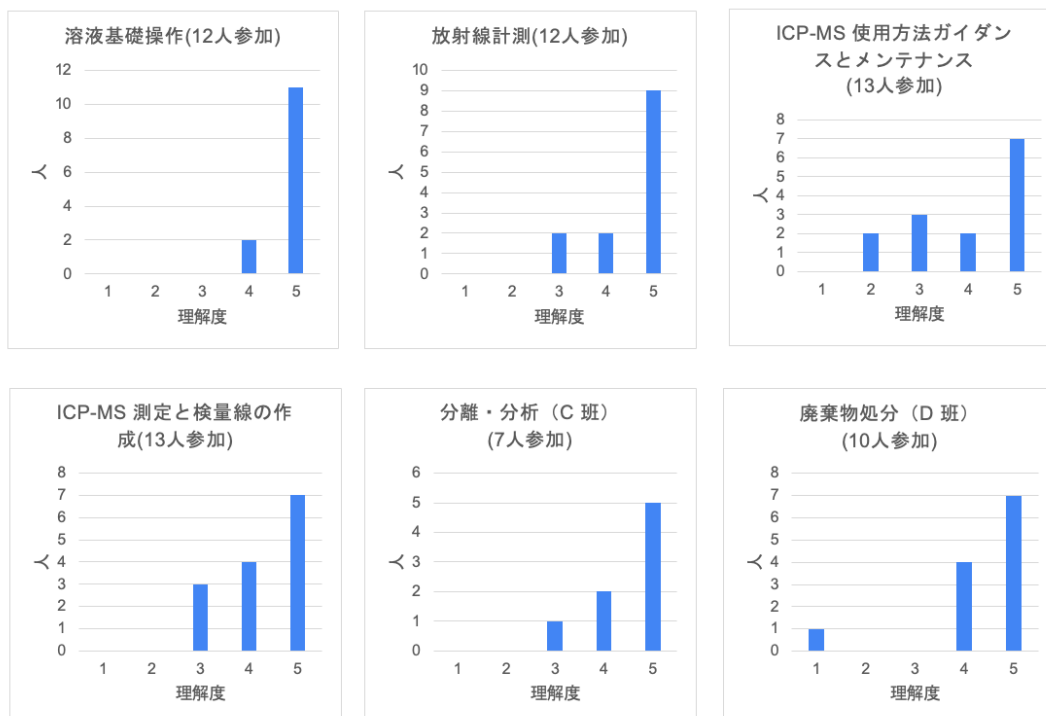
- ・教授の説明はとてもわかりやすく、問題ありません。
- ・ICP-MS/MS の講義について情報量が非常に多くついていけなかった。
- ・秋山先生の模擬デブリについての講義が面白かったです。
- ・先生方の都合の問題かもしれないが、ICP-MS の基礎を学んだ上で応用研究の話聞くという順序だとより理解できた可能性があると感じた。
- ・In my case, I really appreciated being able to have an English version of the documents and readings, it helped to have a better understanding of topics.
- ・ICP-MS/MS に関する講義は実物を目の前にしないとイメージしにくい (ノ頭に残りづらい) ことが多かった。標準液の調製方法などは MS/MS を普段使わなくても応用できる知識をたくさん学ぶことができよかった。
- ・ICP-MS (MS/MS) がどのような研究や現場で生かされているか、とてもよくわかった。
- ・専門家の方による講義で大変ためになった。
- ・I think we need more lectures about isotope separation.
- ・いずれの講義も実務的でどうしてそのような操作・計測を行うのか非常に理解しやすかつ。

放射性廃棄物分離分析実習 実習アンケート

(1) 以下の実習について、内容に興味が持てましたか？ (図 33)



(2) 以下の実習について、内容を理解できましたか？ (図 34)



実習に関するコメント

- ・問題ない、とてもいいです。

- ・（都合上仕方がないことだとは思いますが）実際に自分で手を動かさないと分からない部分がどうしてもあると思うので、難しいなあと思います
- ・デブリの観察の実習がなかったのが残念だった。
- ・高専、学部までは土木系だったためこのような操作にまだ慣れていなかったが、経験を積むことができてよかった。また、ベントナイトの力学的特性についての実験はしたことがあったが、化学的な特性については初めてだったので良い経験となった。
- ・非密封 RI を扱える貴重な機会だったと感じた。
- ・I would like to thank the teachers for their help and for using English to explain certain points to me.
- ・実際にベントナイトの高い核種移行抑制効果を確認できたのが印象に残った。
- ・実習時間の都合上厳しいかもしれないが、個人個人で ICP-MS/MS の操作等触れる機会があるといいなと思った。
- ・もう少し実務的な ICP-MS/MS の操作が出来ると思っていたので、少し残念だった。
- ・I think one more different experiment group would be nice.
- ・D 班の方はやっていないためよくわからなかったがやってきた実習は講義で理解したことが出てきて非常に身についた感覚があった。