

令和 6 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]

機関横断的な人材育成事業

「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 年度実施分)

令和 7 年 3 月

実施機関 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
3. 令和6年度における成果	4
3.1 成果の概要（育成した人材の人数）	4
3.2 令和6年度の成果	4
4. 結言	7

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ました「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。

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

<実験・実習>

令和6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 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 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。

④ 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。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、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。

<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6年度における成果

3.1 成果の概要（育成した人材の人数）

令和6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）	R6
① 実験原子力総合実習	9
② 実験原子力インターンシップ	14
③ 中性子照射済み材料実習	29
④ 高専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	36

3.2 令和6年度の成果

（1-1）実験・実習

令和6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、2025年1月21日（火）～24日（金）の4日間にわたって実施した。計9名の受講者（大学院生：8名、大学生：1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、2024年8月19日（月）～23日（金）の5日間にわたって実施した。計14名の高専生が参加した。各種実習に加えて、研究室ツアー、ナノテラス（次世代放射光施設（NanoTerasu））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、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)などを行った。JAEA-JMTR(材料試験炉)とHTTR(高温工学試験研究炉)など大型原子力施設、千代田テクノ大貫台工場の見学を行った。

2024年7月29～8月2日の見学コースで16名、個別指導で大学院生8名、大学生1名、若手研究者4名を受け入れ、合計29名を教育した。

④ 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)などを扱った。JAEAなど大型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。

2024年8月26～30日に現地開催し、17名を育成した。

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、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。

2025年1月27～31日の集中講義コースで16名を受け入れ、個別指導型で、大学院生11名、大学生2名、若手研究者7名を受け入れた。合計36名を育成した。

上記①～⑤の詳細については、別添資料1を参照頂きたい。

(1-2) 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。

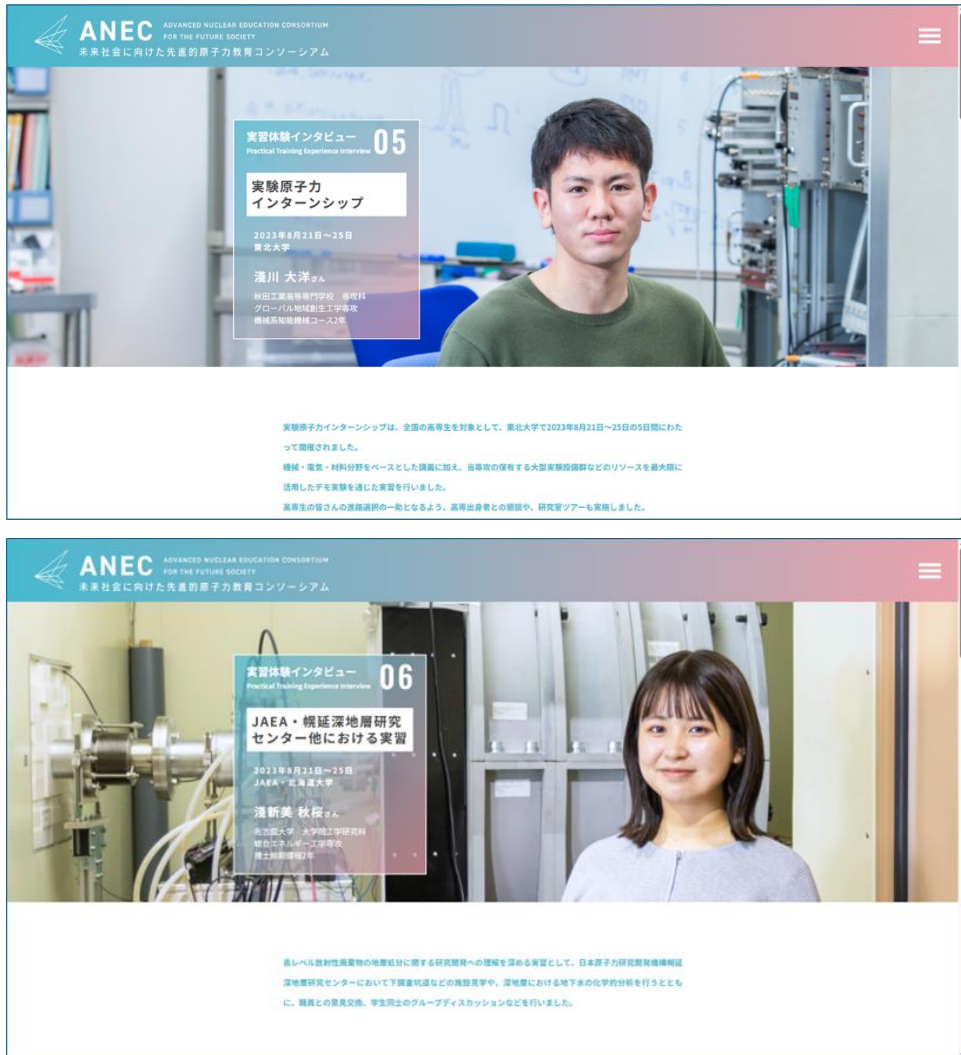


図 3.2-1 ANEC HP に新たに加えたコンテンツイメージ

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6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（2025年1月21日～24日、対面開催）

(ア) 実習の様子

実習の様子を図1～5に示す。

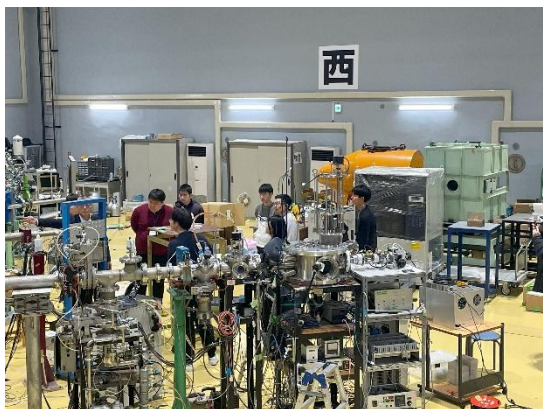


図 1



図 2



図 3

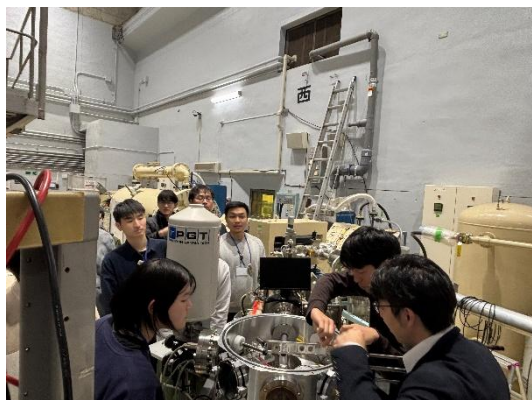


図 4



図 5

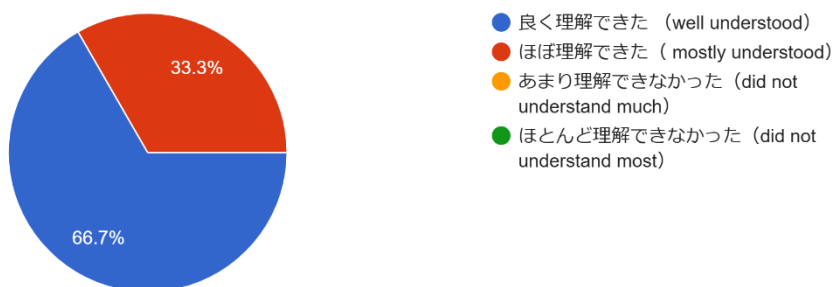
(イ)実習アンケート結果・感想

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) 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 6-1)

・加速器中性子測定実験 (1月22日(水)) Accelerator Neutron Measurement Experiment
(Wednesday, January 22)
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)

・加速器中性子測定実験 (1月22日(水)) Accelerator Neutron Measurement Experiment
(Wednesday, January 22)
9件の回答



3. 感想

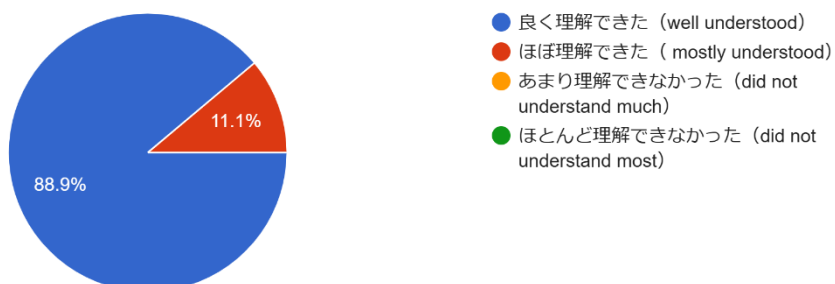
- ・ 実際に加速器で実験をしたのが初めてだったので緊張しました。楽しかったです。
- ・ 実験装置の操作やデータ収集を通じて、中性子の性質や測定技術を学べ、とても有意義でした。
- ・ 私の勉強不足で、加速器に関する基礎知識が無かったため、回路図の説明が理解できませんでした。中性子の吸収・散乱反応や検出に関する話はよく理解できました。
- ・ I am impressive about lecture of Dynamitron Accelerator and experiment with neutron shielding using this accelerator as a source of neutron production.

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 7-1)

・放射線応用実習 (1月23日(木)) Radiation application practice (Thursday, January 23)

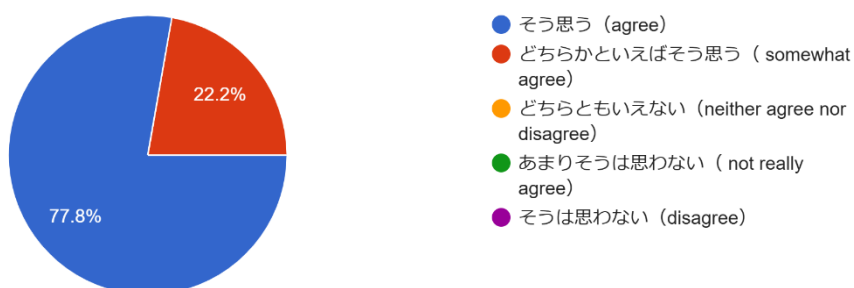
9件の回答



2. 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 7-2)

・放射線応用実習 (1月23日(木)) Radiation application practice (Thursday, January 23)

9件の回答



3. 感想

- ・ わかりやすい説明で聞いていて理解が深まりました。
- ・ 放射線の応用例や安全な取り扱いについて具体的に学ぶことができ、勉強になりました。
- ・ 午後の実習で、自由に議論・質問できる雰囲気だったのが良かったです。
- ・ I like using PIXE method to analyze components of material. This is my first time to do this experiment.

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)

- ・中性子についての知見が深まり非常に有意義な時間を過ごさせていただきました。ここで培った知識を用いてこれからの研究を進めていこうと思います。ありがとうございました。
- ・実習全体を通して、理論と実践を結びつける内容が充実しており、非常に有意義でした。特に、シミュレーションや実験を通じて、実際の現象を具体的に理解できた点が良かったです。また、講師の丁寧な説明や質問対応も学びを深める助けとなりました。もし可能であれば、実習を修了したことを証明する証明書や記念になるようなものをいただけると、より達成感が感じられ、良い思い出になると思います。
- ・ It was really interesting to learn about the different types of accelerators, such as Dynamitron and Pelletron, and their different applications. I learnt a lot from the lectures and experiments. But regrettably there was no chance to have a lab tour to the Nanotech Synchrotron.
- ・ 普段シミュレーションメインで実際に加速器や装置に触れる機会が少なかったのが非常に貴重な経験でした。他大学他専攻で似たような研究に携わっている方との人脈が広がった。
- ・ テキストや講義動画の案内は早い段階で配布してほしかったです。事前知識がほとんど無い状態での実習は少々難しかったです。
- ・ I accumulated many useful lessons about radiation field at Tohoku University via this training. I could meet lots of friends from another universities in Japan, as well as at Tohoku University. I got many interesting moments at training.

② 実験原子力インターンシップ（2024年8月19日～23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

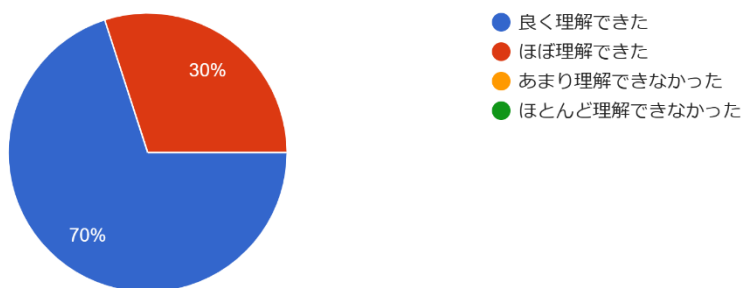
実習後に実施したアンケート結果ならびに感想について、図 13-1～15-2 に示す。

A) 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 13-1)

中性子を使ったイメージング実習(8月22日(木)・23日(金))

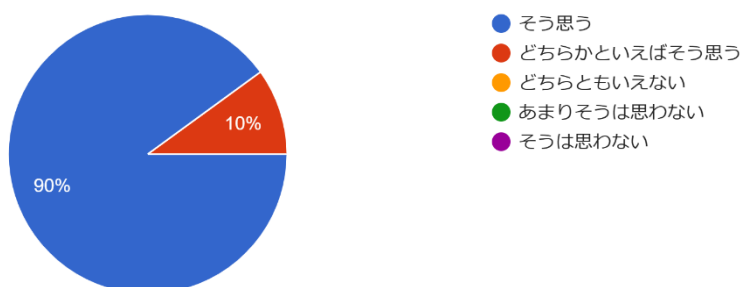
10件の回答



2. 実習内容はあなたにとって有意義でしたか。(図 13-2)

中性子を使ったイメージング実習(8月22日(木)・23日(金))

10件の回答



3. 感想

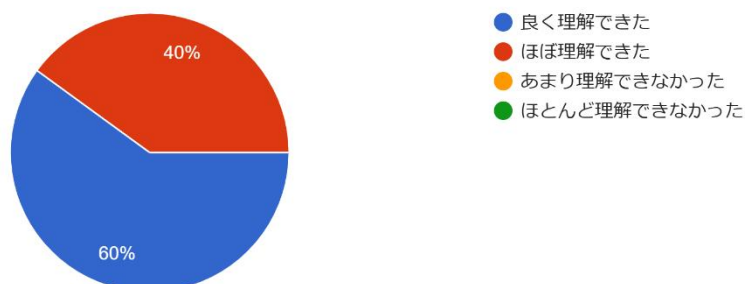
- ・ 条件ごとに見え方が違い、講義内容を実感できた。
- ・ 非常に面白かった。
- ・ どうすればはっきりと映るかを松山先生がアドバイスしてくれたことです。
- ・ 班で行動し、考察できる良い機会でした。
- ・ いろいろなものが見れたので、面白かったです。前もって言うてくれれば、見たいものを持ってきたのかなと思います。
- ・ 中性子をうまく対象物にあてるかがとても難しく楽しかったです。
- ・ 楽しかったです。
- ・ 化学系の人がいるのもっと化学系の話を増やしたらいいと思います。

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22日(木)・23日(金))

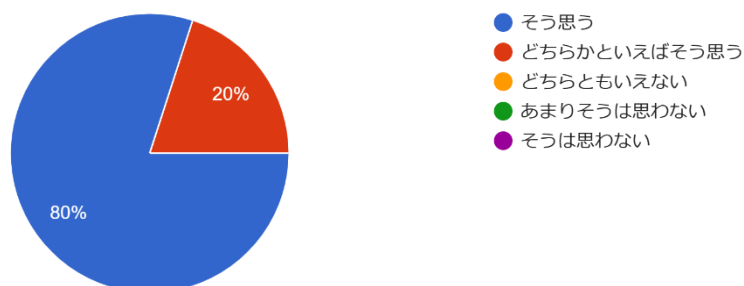
10 件の回答



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22日(木)・23日(金))

10 件の回答



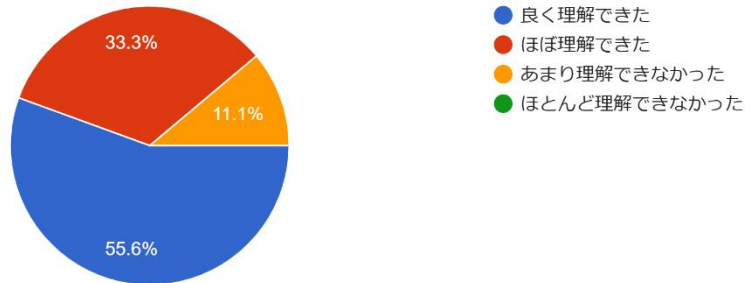
3. 感想

- ・ 成分分析をする上でデータ処理の知識が活かせることを再認識できてよかった。
- ・ 非常に面白かった。
- ・ A と B のサンプルに含まれる元素を推定するためにヒントを与えて考えさせたことです。
- ・ 班で行動し、考察できる良い機会でした。
- ・ 今後、利用しそうな設備であったため、ためになりました。
- ・ 班員で協力してどの元素が入っているかを分析するのがとても楽しかったです。来年も実施してほしいと思います。
- ・ とても楽しかったです。
- ・ 化学系の人がいるのもっと化学系の話を増やしたらいいと思います。

C) 原子炉材料照射実習

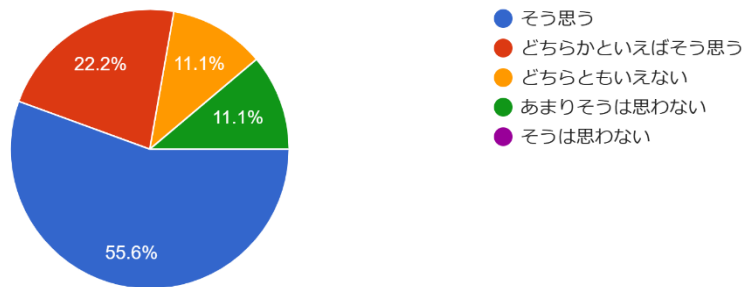
1. 実習内容はあなたにとってレベルが適切でしたか。(図 15-1)

金属材料の強度と劣化に関する講義・実習 (8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 15-2)

金属材料の強度と劣化に関する講義・実習 (8月21日(水))
9件の回答



3. 感想

- ・ 講義の内容に絡めた内容の実習によってより理解が深まった点がよかった。
- ・ 私は機械科で予備知識があったため、ちょうどよい難易度ではあったが、予備知識のない他の学科の方からすると少し難しいかなと感じた。
- ・ 理解しやすいと感じました。
- ・ 機械に近い授業ではあったけど他の学科の人でも分かりやすい内容になっていたと思います。初日に講義があるとまだ疲れが溜まっていなく、集中できると思いました。
- ・ SEM、顕微鏡などを使った分析とても楽しかったです。
- ・ 理解できたと思います。ありがとうございます。
- ・ 分かりやすい講義でした
- ・ 面白かったです。

D) 研究室ツアー（8月19日（月）・20日（火））

（感想）

- ・ 研究室の雰囲気が感じ取れてよかった。
- ・ 見学した研究室のお話はどれも面白く、今後に役立つような幅広い知識を獲得することができたと思う。一つ改善して欲しい点としてあげるならば、研究室見学の際に着席できるようにしていただきたい。研究室のスペースや保有している椅子の個数など様々な問題があると思うが、興味深い話でも足が疲れてしまい、集中できないことがあったので、ぜひ検討していただきたい。
- ・ 研究内容をわかりやすく教えてくれたのと実際に実験装置を動かして実演してくれたのが良かったです。
- ・ 40分間立ち通しで研究室説明を受けたときがあったため、出来れば椅子を用意してほしいかったです。
- ・ いろいろな研究室を見学することができるのは良いところだと思いました。
- ・ どの研究室も興味深いものばかりでした。1研究室あたりの時間を少し短くしても良いと感じました。
- ・ 取り扱っている分野や研究室にある機材の説明だけじゃなく、どんな課題があるのかを説明してくれた研究室が、聞いていてワクワクしました。
- ・ 金属研究室の見学という貴重な経験ができ良かった。
- ・ 立って見学するのが少し大変でした。
- ・ 色々な新しい思考をもらえました。

E) 高専出身学生との懇談（8月20日（火））

（感想）

- ・ 高専5年生から東北大学へ編入した人の話も聞きたかった。
- ・ 高専出身者との懇談は非常に有意義な時間ではあったが、割と前半ということもあり、私たち現高専生が打ち解けていなく、少し気まずい場面が何度かあったように感じた。やはり後半につれてみんな仲良くなるので、最後の方が話の発展がスムーズに進むのではないかと感じた。
- ・ 楽しく自由に交流できました。
- ・ 専攻科から院に編入する先輩の話は聞いたことがなかったので参考になりました。もう少し人数が呼べるなら、いた方がいいと思いました。
- ・ 聞きたいことがたくさんあったのでとても助かりました。
- ・ 楽しかったです。
- ・ 面白かったです。

F) 次世代放射光施設 (NanoTerasu) 見学 (8月22日(木))

(感想)

- ・規模が大きい施設に圧倒され、良い刺激になりました。
- ・非常に興味深かった。なかなか難しいとは思いますが、実際に稼働しているところを映像でも見ることができれば、より鮮明で現実的なイメージをすることができたのではないかと思います。
- ・安積先生がナノテラスの仕組みや構造について分かりやすく説明してくれて、また質問に対して丁寧に答えてくれたことです。
- ・説明が分かりやすく、施設の大きさを肌で感じられるいい機会でした。
- ・今までに見たことのないような規模の設備で唖然としました。NanoTerasu の見学は高専生であればみんな好きだと思うので毎年やるべきだと思います。
- ・貴重な機会だったので、来年も実施してほしいです。
- ・楽しかったです。
- ・説明がとても分かりやすかったです。ただ、見学の方が少し物足りなく感じました。
- ・面白かったです。

G) 本実習全体を通して、良かった点、改善して欲しい点

(感想)

- ・スケジュール的にはちょうど良い忙しさであったと思う。ただ、学内の連絡バスで朝通学したいところであったが、初めの方は他にもたくさんのバスがあることや、遅れては行けないという心配からも歩きで集合場所まで向かうということが多々あった。事前に連絡バスの時刻表が渡されていると安心して、スケジュールを立てることができると感じた。
- ・良かった点は、実習が3日間もありグループワークを行い、答えをみんなで考える作業があったことです。改善して欲しい点は、研究室見学の時は座って話を聞けるようにしてほしいことです。
- ・原子力分野に関する知識が得られ、量子エネルギーにより興味を持てたとともに、非常に楽しい研修となりました。ありがとうございました。
- ・疲れは溜まるけど吹き飛ばぶくらい、充実し、おもしろいものばかりでした。他の高専の方とも繋がりができたのでとても良いと思いました。本当にありがとうございました。
- ・5日間どの日も充実していて加速器に興味がなかった私も興味を持ちました。とても良かったです。
- ・みなさん優しく、話が分かりやすかったので楽しかったです。
- ・どれも貴重な経験だったが僕は基礎知識が無かったので事前にこんな勉強しといてという資料などがあると嬉しかった。
- ・全国から集まった多くの学生と交流する良い機会となりました。
- ・私が化学系の人なのでもっと化学系に関する話が増えたらもっといいと思います。

③ 中性子照射済み材料実習 (2024年7月29日～8月2日、対面開催)

(ア) 実習の様子

実習の様子を図16～19に示す。

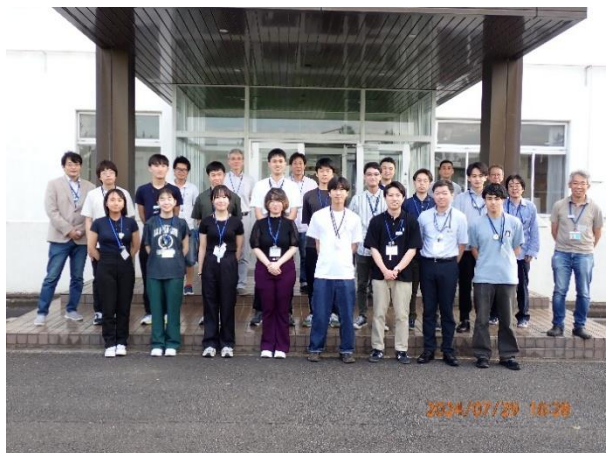


図 16



図 17

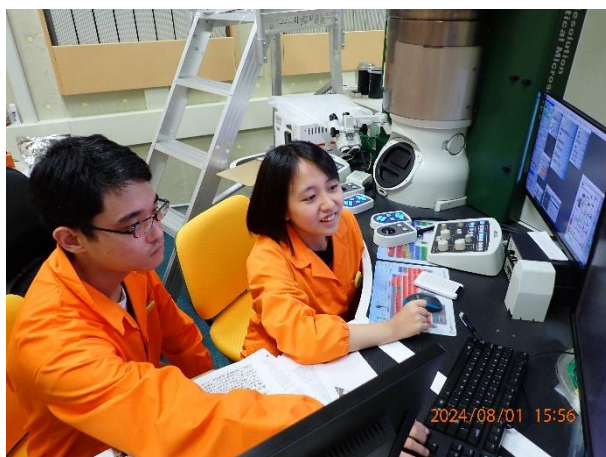


図 18



図 19

(イ) 実習アンケート結果・感想

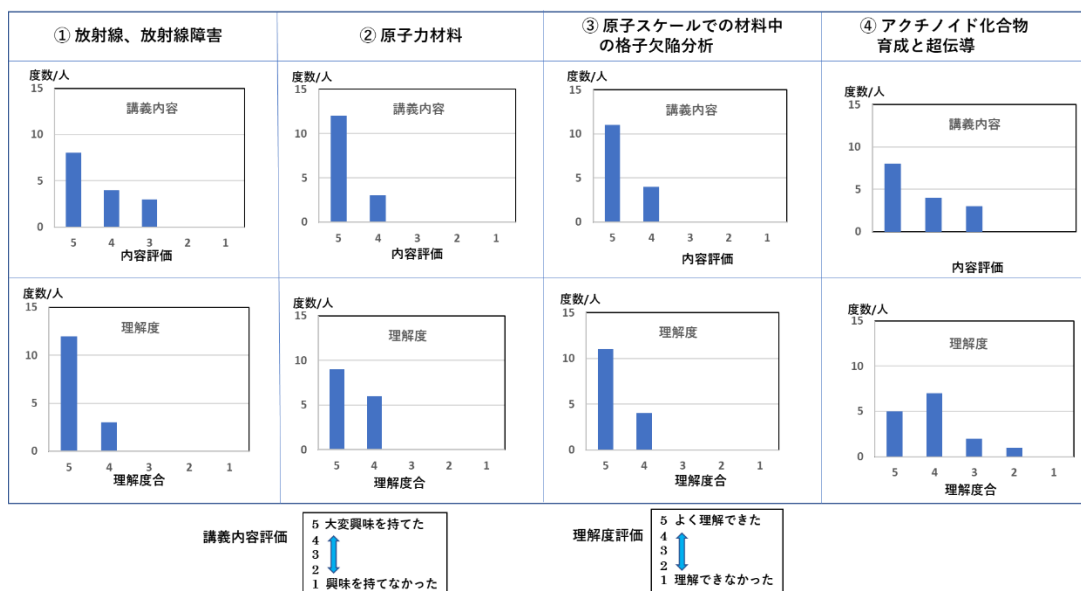
1. 参加校：東北大学 量子エネルギー (3名)、新潟大学 (4名)、岩手大学 (2名)、福井大学 (3名)、東京工業大学、京都大学、北海道大学、静岡大学 (各 1名) : 計16名

2. 学年：修士1年 13名、修士2年 1名、博士1年 2名

以上の16名が興味・理解度の集計に協力してくれた。

中性子照射済み材料実習_講義アンケート (図 20-1)

2024中性子照射済み材料実習_講義



① 放射線、放射線障害

- ・放射線障害に関する基礎・概要がよくわかった：3名
- ・工夫をした授業内容であり、興味を持てた
- ・放射線の取り扱いに注意の認識を新たにした
- ・放射線取扱の難しさを実感した。

② 原子力材料

- ・材料系の学生から：原子力材料・照射欠陥について復習・再認識できた：3名
- ・非材料系の学生から：初めての知識で、複雑性や新鮮さを感じる：2名

③ アクチノイド化合物と超伝導

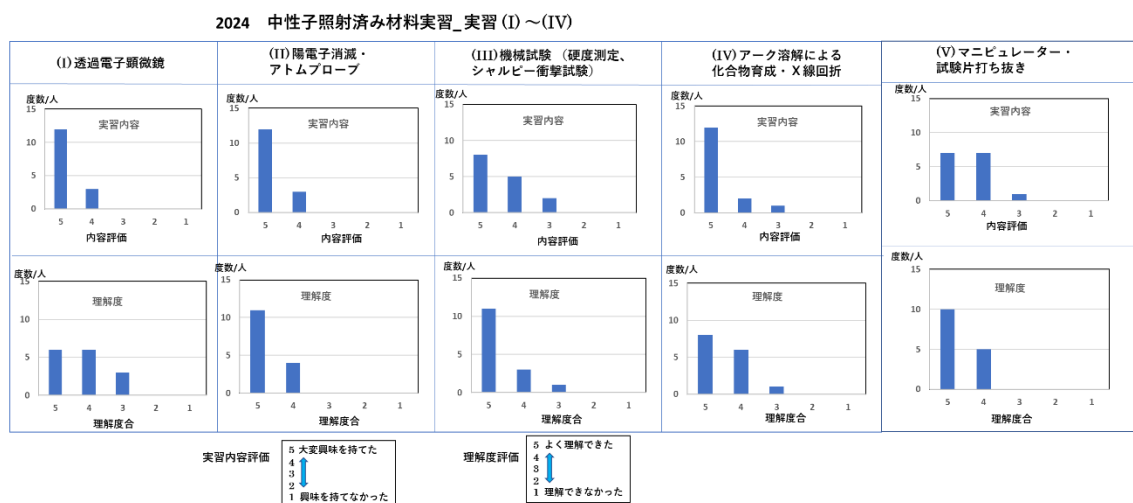
- ・アクチノイド化合物の物性物理の話は難しい。知識はないがもっと学びたい：3名
- ・強磁性超伝導は初耳であるが、特徴があり、興味がわく：2名

- ・自身の研究室でアクチノイド物質を扱っている学生から__ 担当講師に会えたこと、当研究室の研究活動について分かったことがよかった：2名。
- ・なじみのない分野であるが、説明がわかりやすく、興味がわいた。

④ 原子スケールでの材料中の格子欠陥分析

- ・実習の全体の流れ・欠陥の分析が果たす役割を理解できた：3名
- ・手を動かしての説明がわかりやすく新鮮：2名
- ・照射欠陥の種類、形状、サイズについて学べた。

中性子照射済み材料実習_実習(I)-(V)アンケート (図 20-2)



(I) 透過/走査電子顕微鏡

- ・実際に装置に触れられたこと・操作を経験できたことが有用：4名
- ・電子線による結像の理屈が難しい。
- ・TEM できれいな転位ループが観察できたことに感動した。
- ・もう少し専門的なこと (TEM 観察の理論) を教えてほしい。

(II) 集束イオンビーム加工・アトムプローブトモグラフィー・陽電子消滅

- ・すごい技術 (原子配列の 3D 情報の取得) である：3名
- ・化学系学生より俯瞰的な見方：陽電子消滅は、確率的事象である。

(III) 硬さ試験・シャルピー衝撃試験

- ・硬度試験の重要性を認識した：2名
- ・シャルピー試験 体験できてよかった。
- ・シャルピー試験の準備 (試験温度調節) が大変だった。

(IV) アーク溶解による化合物作成・X線回折

- ・新化合物育成の点に興味がわく
- ・引き上げ法（結晶育成）の難しさを再認識。
- ・アーク溶解装置の構造（回転機能があること）に感銘をうけた。
- ・X線回折：自身の研究にも使用しており、理解が深められた：2名

(V) マニピュレータ・試験片打ち抜き・レーザーマーカ

- ・マニピュレータの操作、作業が大変である：2名
- ・大変ではあるが、面白くもあった：1名
- ・材料研究には下準備（試料作成、マーキング）が大切であると認識した。

アンケート施設見学

1) JAEA 大洗研究所 研究炉見学：HTTR, JMTR

以下の点が良かったとのコメントが寄せられた。

- ・照射実験、照射材を用いた研究の重要性を理解し、その研究手法（施設）を見学できたこと：3名
- ・新しい方向の研究炉を見学できたのが有意義；（原子力）研究の将来についての展望に触れたこと：4名
- ・現地施設に入ることができ、担当者から直接話を聞ける機会に恵まれたこと：2名
- ・常陽も見学したかった・・・との意見もあった（JAEA側の都合により見学できる施設に制約があった）。

見学後の交流会（JAEA 若手研究者を交えた）も有意義であった、とのコメントがあった。

受講生の興味（聞きたかったこと）は、JAEA での研究環境（具体的にどのような研究がやれるのか）についてであった。大学や民間企業の研究部門との比較において、自分のやりたいこと（研究テーマ）がどの程度やらせてもらえるのかの感触を得たいようであった。

2) 千代田テクノル 大貫台工場 見学

以下の点が良かったとのコメントが寄せられた。

- ・ガラスバッチは、普段管理区域での実験で使うものであり、その製造工程や構造を実地見分できたことが貴重であった：6名
- ・被ばくなど放射線への対策に様々な技術が適用されていることを知った
- ・音声イヤホンがあつて、説明が聞きやすかった
- ・線量計のケース（外筐）がリサイクルされていることに感心した。

自由コメント（夏の学校 全体を通して）

東 北 大 学・M1	<p>本実習では、ホット試料の扱い方と最先端の装置の使い方について学ぶことができました。特に透過型電子顕微鏡や 3 次元アトムプローブ、陽電子消滅法については以前より大洗センターの先生方の話を聞き、技術を習得したいと強く思っていたため、大変貴重な機会となりました。私は現在、核融合炉材料タングステンの照射硬化について研究をしており、今後、大洗センターにて、中性子照射材の透過型電子顕微鏡や 3 次元アトムプローブにより微細組織観察を行いたいと思っています。したがって本講義で習ったことを基にして、装置を使用する技術や結果の解析方法等を理解し深めたいと考えています。特に透過型電子顕微鏡は吉田先生から教えていただいた通り、まず装置の構造をよく理解し、1 人でも使いこなせるように練習したいと思います。</p>
静 岡 大 学・M1	<p>私は自身の研究で使用しているテトラアーク炉をより深く知りたいと思い、今回の実習に参加しました。実験では単結晶育成が直近で 3 回ほど失敗していましたが、「試料の均一性を高める」「どのパラメータでネッキングをするか」など今後の実験の改善策を立てることができました。また、これまでの失敗や回数も教えていただいたことで、これまでの自身の実験での失敗はよく起こり得ることだを知ることができました。経験が必要ということでめげずに次回の実験も行うことができそうです。</p>
福 井 大 学・M1	<p>母校である福井大学では使うことが出来ないアトムプローブの試料作成と元素分析を行うことが出来た。元素分析から中性子照射された時に発生する元素分布や粒界で発生する元素分布を確認することができた。</p> <p>今回の観察や実習を通して元素分布による材料強度の変化を自分の研究に反映させたと思いました。また、あらためて自分の研究で使用している実験機材の得意分野や苦手分野を知ることができたので自分研究の正確さを高めることが出来た。</p>
新 潟 大 学・M1	<p>講義では照射された試料に空孔や析出物が作られて、それらによって転位が起こりにくくなって脆く壊れやすくなることなどを学びました。</p> <p>実験・見学では、現在開発中の新しい原子炉である高温ガス炉の説明や放射線を当てた試料をどのようにキャプセルから取り出して実験するかを学ぶことができました。</p> <p>夏の学校を通して、原子力技術の可能性の大きさと未来を感じたとともに放射性物質を扱う大変さを感じました。今後の研究だけでなくの日常生活にも大きな経験になりました。このような機会を与えてくださり、本当にありがとうございました。</p>

④ 高専生のための原子力材料実習（2024年8月26日～30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



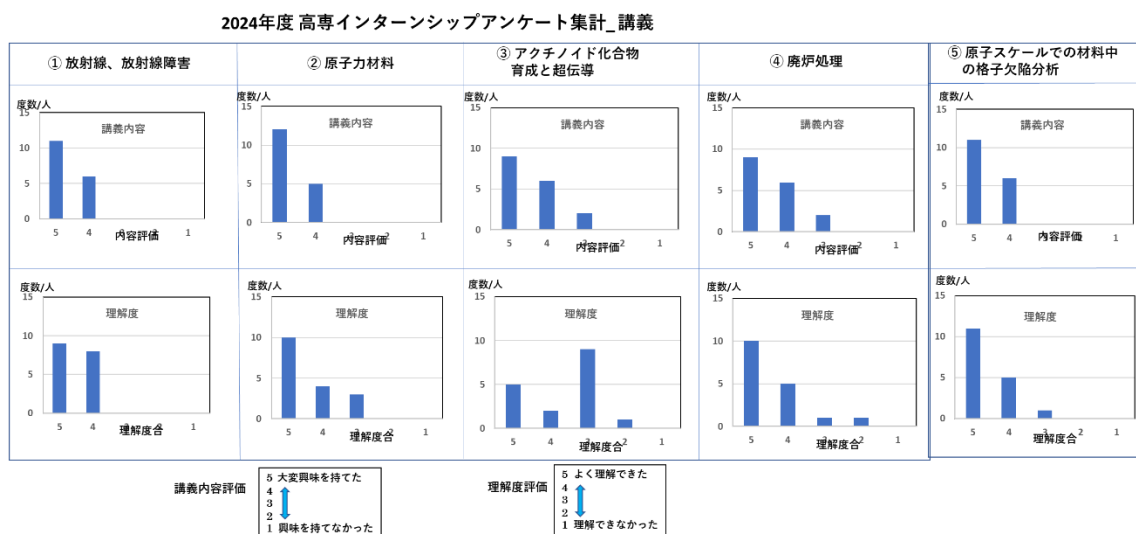
図 24

(イ) 実習アンケート結果・感想

2024 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：小山(4名)、八戸(3名)、群馬(2名)、一関(2名)、津山(2名)、
苦小牧、富山、茨城、(長岡技科大)各1名
2. 学年：専攻科1年 7名、4年 10名； 計 17名
3. 所属学科：機械系 4名、電気系 4名、化学・材料系 9名

中性子照射済み材料実習_講義アンケート (図 25-1)



① 放射線、放射線障害

- ・原子力インターンシップの導入として詳しく説明されており、分かりやすかった：2名
- ・放射線について知っていることもあったが、(どこまで危険性なのかの) 知見を充実させることができた：3名
- ・放射線に関する基本的なことを再認識ができた。

② 原子力材料の講義

良かった点について以下のようなコメントを寄せてくれた。

- ・塑性変形について習ってはいたが、知見を深められた
- ・照射によっておこる材料の問題点を教わった
- ・結晶中の欠陥、析出物が材料の強化(硬化)に寄与する原理を教わった：2名
- ・材料系でないものにとっても説明が分かりやすかった。

③ アクチノイド化合物育成と超伝導

良かった点について以下のようなコメントを寄せてくれた。

- ・なじみのない分野であったが、説明が分かりやすく、材料特性(超伝導現象)の面白さ

に触れた：3名

- ・5f 元素（学校では習わなかった項目）について学べたこと
- ・海外での活動について聞いたこと：担当講師のフランスでの研究活動経験の話に興味を抱いた。

また、

- ・講義についてゆくのが難しかったとの声もあった。

④ 福島第一原子力発電所の廃止措置に係る取り組み

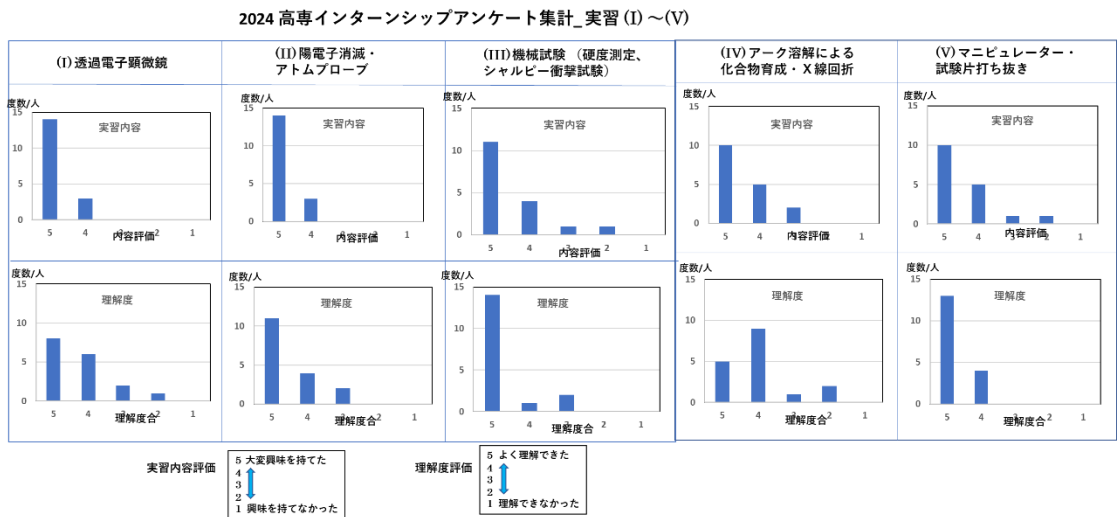
- ・廃炉には技術面や社会の理解を得るためのコストが大きくかかることを認識した
- ・設備面でも様々な対策が施されている点に感心：2名
- ・略語、用語が多く、その場での理解が難しかった。

⑤ 原子スケールでの材料中の格子欠陥分析

良かった点について以下のようなコメントを寄せてくれた。

- ・これまでの講義・実習の全体的な流れが俯瞰・把握でき、良い復習となった：4名
- ・身近なこと（現象）を交えての説明で理解しやすかった
- ・材料強度の観点が視覚的に理解できた。

中性子照射済み材料実習_講義アンケート（図 25-2）



(I) 透過/走査電子顕微鏡

- ・自身の専門分野に通じ、応用できる（使えそうな）分野であった
- ・装置の原理とその理解が難しい。実習の目的や何を見ているのか何とか（何となく）わかった：2名
- ・拡大倍率の大きさに驚く：2名
- ・別の実習では、装置の目的が理解できなかったが、この実習のおかげで、よく理解でき

た

- ・教科書で習った原子を見られて感動した。

(II) 陽電子消滅、FIB

- ・陽電子消滅の説明が分かりやすい
- ・機器に触ることはできたが、実際に測定をやってみたかった
- ・内容が自身の専門に近く、興味がわいた
- ・FIB 加工が上手くできた。

(III) シャルピー試験、硬度測定

- ・小さい試験片の扱いに苦労した
- ・同様の試験は高専でも経験したが、難しい条件下での試験だった
- ・講師の説明が分かりやすく、よく理解できた
- ・測定装置のシンプルな仕組みに感心した。
- ・少し疑問が残る点があった：自分なりに勉強しておきたい。

(IV) アーク溶解による化合物作成・X線回折

- ・アーク溶解されている試料が美しかった
- ・密度測定はなじみのあるものであるが、習った測定・計算方法で算出する点をよく理解できた：2名
- ・結晶について難しさは感じたが、新たに得た知識となった。

(V) マニピュレータ・レーザーマーキング

- ・マニピュレータの操作が印象に残る貴重な体験であった：2名
- ・マニピュレータで試料を扱うのは難しかった
- ・実験・研究を支えるためのものに触れる貴重な体験だった。

自由コメント（夏の学校 全体を通して）

長岡技術科学
大学・B3

本実習では、中性子照射済み金属材料におけるシャルピー試験等の機械試験から、TEM や APT 等を用いたナノ構造観察に渡る照射後試験(PIE)の手法および研究環境について実習を通じて体系的に習得することができた。また、原子力材料の分野では作業員の被曝を最小限にとどめる目的から試験片等の試料をなるべく小さくすることが求められており、FIB によるナノ加工の重要性についても知ることができた。講義では、原子力材料として使用される金属材料に特有の問題であるはじき出し損傷とこれに起因する脆化に関してイメージをつけることができ、講義と実習をリンクさせることで少しだけはあるが原子力材料の開発環境について知ることができた。

群馬高専・本科
4年

今回のインターンシップでは、金研では RI を解析するためにさまざまな装置を安全管理のもと取り扱っていることを学んだ。また、JAEA や千代田テクノロの見学ではエネルギー効率を上げ、より安全に発電するための研究開発をしていることや放射線をより簡単に測定するために新型の線量計の開発をしていることに感銘を受けた。実習では、透過型電子顕微鏡(TEM)で原子を見ることは地球から月のゴルフボールを見ることと同じということが印象に残っており、TEM の性能の高さを実感した。5日間で身につけた知識を原子力にまだ抵抗のある人などに説明し、偏見をなくしていきたい。

茨城高専・本科
4年

私は、研究所ではどのようなことを行っているかを知るため、原子力全般についての知識を深めるためにこのインターンシップに参加しました。

このインターンでは、放射線や照射された材料について原理や問題点などを学び、実際に実習で照射するための材料の加工、放射性物質を扱うための器具の操作体験、3次元アトムプローブのデータ解析、電子顕微鏡による材料の観察などを行いました。

実習と講義では、動機であった原子力についての知識を深められたほか、原子力にかかわる材料について理解が深まりました。また、普段学習している専門外のことについての知識を増やすことができました。材料については副専攻で少しだけ学んでいたのですが、その知識が活きる場面も多く、専門だけでなく広く様々な知識を身に付けていくことも大切であると学びました。

高専出身の方々と話す機会をいただけたことにより、大学院がどのような所か、進学か就職かをどう判断したかなど、具体的なことを多く聞くことができました。

私は、進路や将来に対して漠然としたイメージしか持っていませんでした。このインターンを通してこのイメージを鮮明にしていかなければいけないと感じ、それにこのインターンで得たたくさんの知識といただいた数々のアドバイスを活かしていきたいです。

八戸高専・専攻科1
年

本インターンシップでは鉄鋼材料と原子力分野の関係性を深く理解する貴重な機会であったと感じています。実習では原子力材料の加工・分析を実際に体験し、原子力研究における一連の流れを体感することができました。施設見学では、大規模な研究設備や連携・安全管理体制の重要性を実感することができました。これまでの講義・実習で学んできた知識を実際に体験することができ、非常に有意義な経験となりました。

本インターンシップを通して、研究活動における連携の重要性を改めて確認することができました。自分がその分野におけるどの段階の研究を行っているのかを把握することで、研究背景を深く理解することができるため、今後、より一層研究活動に励むことができると感じています。最後になりますが、この度は貴重な体験をさせていただき誠にありがとうございました。

⑤ 放射性廃棄物分離分析実習 (2025年1月27日～31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

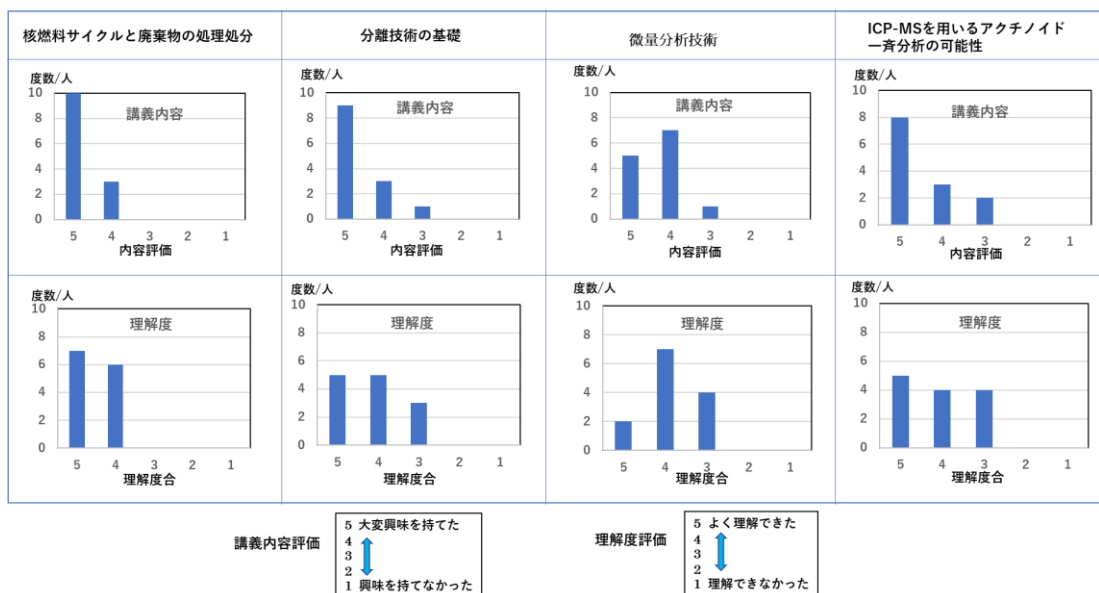
2024 高専インターンシップ アンケート：14名の受講生からのコメント集計

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 3名)、大阪大学 (4名)、九州大学 (1名)、京都大学(1名)： 計14名

2. 学年：学部 4年 2名、修士1年 9名、修士 2年 2名、研究員 (社
会人：1名)

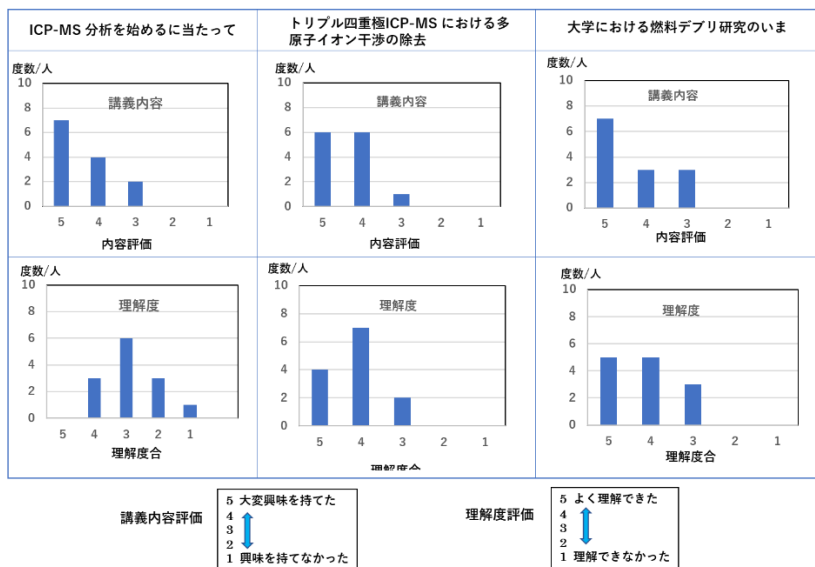
放射性廃棄物分離分析実習_講義アンケート(1) (図 30-1)

2024年度 冬の学校アンケート集計 (自己評価) _講義 (1)



放射性廃棄物分離分析実習_講義アンケート(2) (図 30-2)

2024年度冬の学校アンケート集計(自己評価)_講義(2)



講義に関するコメント

1) 廃棄物の処理・分離技術に関して

- ・スライドとその説明が良かったおかげで、内容が理解でき、興味もてるものであった。
- ・概要がよくまとめられて説明されており、実用的に価値のあるものと思われる。
- ・留学生より：この分野の科学技術用語の日本語表現を多く学んだ。

2) 微量分析技術

- ・説明が難しく思われたが、講義にはなんとかついていった（話がコンタミに関して細かい点を深掘りしているように受講生は感じたためか）。

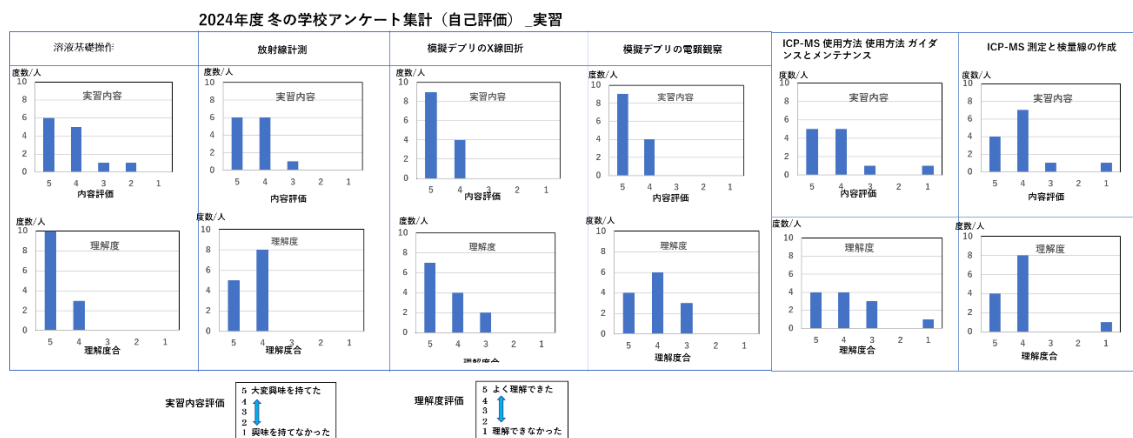
3) ICP-MS に関して

- ・講義内容が実用的であり、いろいろな応用側面（多原子イオン干渉等）についても議論しており、非常に良かった。
- ・工学的なことは苦手なので、装置の部分（イオン化質量分析の機構・測定の仕組み）の説明はよくわからなかった_との正直なコメントもあった。

4) デブリの研究に関して

- ・面白いと感じることがらと同時にわからない（その場では理解できない）こともあった。内容が少し難しかったよう感じられたのではないかとと思われる。

放射性廃棄物分離分析実習_実習アンケート (図 30-3)



実習に関するコメント

1) 模擬デブリの X 線回折・電子顕微鏡観察

- ・ X 線回折については知ってはいたが、細かい点についてはいくつか興味をおぼえる点があり、担当講師も丁寧で、良かったと思っている。
- ・ デブリ試料の電顕観察を行う方向性 (意義・意味合い) がよく認識できなかったが、デブリの分析手法として (微量湿式化学分析の他に) 微細構造・組織解析の側面もあることを伺えたのは、興味深いと思っている。

2) ICP-MS を使った実習

- ・ 装置のメンテナンスについての方法説明のビデオ視聴のタイミング：実際に必要に迫られた場面でないとよくわからないのではと感じた。

以下留学生より、

- ・ (口頭での) 説明についてゆけなくて、(渡された) 説明書をみていた。もう少し、装置を見ながら担当講師から個別に説明を聞くことができれば、理解が進むのではないと思う。
- ・ 日本語での説明が理解できなくて、実習現場でのディスプレイは見ていなかった。担当講師が個人的に説明してくれて、非常にありがたかった。

3) グループ別実習

- ・ 実習内容は、非常に興味をおぼえるものであり、よかった。もう少し少人数 (4~5 人) であれば、講師 (他の受講生) と個別にやり取りができ、内容の理解が進むのではないかとと思われる。

冬の学校全体を通してのコメント

1) 印象に残った点、良かった点

- ・ ICP-MS を使ってゆこうで、非常に参考になる良い機会であった：4 名
- ・ 留学生より：自身の日本語の理解力が限られているのにも関わらず多くのことを学ぶこ

とができた_充実した冬の学校のプログラムに参加できる機会に巡り合えたことに感謝します。

- ・講師が皆非常に親切、装置が素晴らしく、手入れが行き届いていたこと。
- ・講義の間の休息の時間（スナックタイム）があったのがうれしい。

2) 要望

- ・講義での翻訳（英語）の表示がもう少しゆっくりだと助かる。翻訳表示用に別のディスプレイも用意してもらえるとよかった：翻訳ソフトを使つての講義の進行は、今回の冬の学校が初めてであった。
- ・講義資料を事前にもらえると助かる。

東北大学・M1

講義を通して、核種分離技術の基礎的な知識や ICP-MS の原理、微量分析を行う上での注意点について学ぶことができ、普段学ぶ機会の少ない放射化学分野における溶液化学について理解が深まった。また、実習では微量分析を行う上での溶液の調整方法について理解すると同時に、ICP-MS/MS を用いた測定や解析、考察を行うことで、ICP-MS/MS の仕組みや分析における注意事項、データの解釈の仕方の基礎的な部分を身に付けることができた。

Kyushu
University/Czech
Technical University/
Nuclear chemistry
master's programme
2nd year

During my stay at the winter school I learned about various detection methods (alpha spectrometry, gamma spectrometry, ICP-MS), about the problematics of nuclear waste treatment. It was first time having close encounter with ICP-MS for me, it was a great experience. I hope I will be able to hone my skills in ICP-MS. Thank you for this opportunity.

大阪大学 M2

In this week, I enjoyed various lectures on nuclear waste disposal, nuclear fuel debris analysis, as well as various separation and detection methods, with practical exercises on XRD, SEM&STEM, alpha spectroscopy, etc. The main focus of the internship was on ICP-MS, and I gained both profound theoretical knowledge and practical experience with it.

京都大学・研究員

講義では、処分や分離の分野における基礎について学び、自分が補っていくべき知識やその範囲を知るきっかけとなりました。特に、ICP-MS については講義で基礎を学ぶだけでなく、実習時や休憩時間にも専門家に直に質問をすることができ、詳細な点に至るまでご経験に基づいた方策、ご意見等々をたくさんいただきました。これらは今後の実験、そして装置の運用に活かしていきたいと思います。