

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

「メーカー／電力連携プログラム  
『原子力プラント技術実践研修』」

成果報告書

(令和 6 年度実施分)

令和 7 年 3 月

実施機関 三菱重工業株式会社

## 目 次

1. 事業の概要.....	2
1.1. 背景.....	2
1.2. 目的.....	2
2. 事業計画.....	2
2.1. 全体計画.....	2
2.2. 令和6年度の計画及び業務の実施方法.....	4
2.3. 体制.....	5
3. 令和6年度の成果.....	5
3.1. 開催時期・参加者.....	5
3.2. 研修の実施.....	7
3.3. 事後評価.....	13
4. 結言.....	16

## 1. 事業の概要

### 1.1. 背景

原子力発電の安全・安定運転は、研究開発・設計・製造・建設・運転・保守などの各段階における高度な技術に支えられており、プラントメーカーと電力会社が連携・協力し合うことで実現している。原子力を将来に亘って継続的に活用していくためには、たゆまぬ安全性向上への取組みや技術革新など、あらゆる分野において技術力の維持・向上を図ることが極めて重要である。また、将来を担う優れた人材を効果的・効率的・戦略的に育成することは、我が国の原子力産業界における大きな課題である。

### 1.2. 目的

本事業では、原子力の将来を担う優れたリーダーとなり得る人材を育成するために、プラントメーカーと電力会社が連携し、それぞれの業務範囲・特性に応じた実践的な体験型研修を実施する。また、人材の裾野拡大のために、原子力専攻に限定しない全国の理系学生を対象として、原子力プラントの研究開発、設計・製造・検査からプラント運用までを幅広く俯瞰的にとらえる能力を養うプログラムとする。

## 2. 事業計画

### 2.1. 全体計画

本事業の全体計画を表 2.1-1 に、育成対象及び計画人数を表 2.1-2、表 2.1-3 に示す。

本事業では技術者による講義と社有施設を活用した実習・見学等の体験的学習を組合せ、以下の 3 つの項目（研修コース）を実施する。なお、令和 4 年度は新型コロナウイルスの影響を考慮し全項目をオンライン開催としたが、収束状況を踏まえ、令和 5 年度以降は、項目 1 の期間を 1 日延長し、全項目を現地開催とする。（項目 1 と項目 2 は一連のプログラムの中で連続して実施し計 4 日間、項目 3 は 2 日間）

#### ◆ 項目 1：原子力プラント設計・製造研修 [三菱重工（MHI）]

- ▶ 原子力プラントの仕組みから、主要系統・機器などの基礎知識習得と、模擬設計の実践を行うグループワーク・討議を通して、プラント設計・機器製造技術についての理解を深めると共に、知識だけに留まらず、自ら考え判断する能力を育成する。
- ▶ カーボンニュートラルの実現やエネルギー安全保障の観点での原子力の役割・重要性、原子力イノベーションに向けたプラントメーカーの取組みなどを伝え、原子力の将来性や魅力を発信する。
- ▶ 原子力をより身近に感じ、原子力産業界で働くことに興味をもってもらうために、参加学生と年齢が近い若手技術者との交流会を開催し、闊達な意見交換の場を提供する。
- ▶ 計画を 1 年前倒し<sup>※1</sup>、令和 5 年度以降はグループワークを「機器設計・製造実習（コース A）」、「システム設計実習（コース B）」のいずれかを参加学生が選択する形式とする。（グループワークのテーマ及び 3 ヶ年事業の各年度の実実施計画を表 2.1-4 に示す）
- ▶ 講義、グループワークに加え、現地開催ならではの体験型プログラムとして原子力機器製造工場及び関連施設見学を実施する。

※1 事業開始当初は、令和4年度にコースA、令和5年度にコースBをそれぞれ単独で実施し、令和6年度にA/B選択形式で実施する計画としていた。

- ◆ 項目2：原子カプラント運用研修 [関西電力（関電）]
  - ▶ プラントメーカーが設計・製造したシステムや機器が、どのように運用され役立てられているのか、原子カプラントの安全・安定運転を実現するために電力会社はどのように運用・保守しているのかについて講義を行う。
  - ▶ 主要機器取替工事や事故時の運転操作などについて、動画教材を用いた講義に加え、大飯発電所見学や運転員訓練シミュレータを活用した実習も取り入れることで、電力会社ならではの現場を実体験できるプログラムとする。
  
- ◆ 項目3：燃料設計・製造研修 [MHI、MHI 原子力研究開発（NDC）、三菱原子燃料（MNF）]
  - ▶ 原子力発電プラント特有の重要な要素である核燃料に関する講義、グループワーク・討議を通して、燃料開発・設計・製造技術についての理解を深めると共に、知識だけに留まらず、自ら考え判断する能力を育成する。
  - ▶ 燃料集合体の模型を活用した講義や、動画教材を活用した製造・試験作業の模擬体験型実習に加え、研究開発施設や燃料製造工場の見学も実施する。

表 2.1-1 全体計画

項目	令和4年度				令和5年度				令和6年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
全体計画	企画、学生募集等				企画、学生募集等				企画、学生募集等			
項目1：原子カプラント設計・製造研修	研修(コースA) 事後評価				研修(A/B選択制) 事後評価				研修(A/B選択制) 事後評価			
項目2：原子カプラント運用研修	研修 事後評価				研修 事後評価				研修 事後評価			
項目3：燃料設計・製造研修	研修 事後評価				研修 事後評価				研修 事後評価			

表 2.1-2 育成対象

項目	育成対象
項目1：原子カプラント設計・製造研修	日本国籍を有する理系分野の大学院生、大学生（3年生以上）及び高専生（専攻科）
項目2：原子カプラント運用研修	
項目3：燃料設計・製造研修	

表 2.1-3 計画人数

項目	計画人数		
	令和4年度	令和5年度	令和6年度
項目1：原子カプラント設計・製造研修	20名	20名	20名
項目2：原子カプラント運用研修			
項目3：燃料設計・製造研修	20名	15名 <sup>※2</sup>	15名 <sup>※2</sup>

※2 現地開催への変更に伴い、研修施設の受入可能人数を考慮の上、計画を見直し

表 2.1-4 グループワークのテーマと実施計画（項目1）

テーマ名	内容	令和4年	令和5年	令和6年
機器設計・製造実習 (A)	原子力主要機器設計時の材料選定や板厚計算、応力評価及び製造工法検討を題材として、設計条件、製作・加工性、材料コスト等の制約条件から最適解を導き出す実践的研修プログラム	○	○ 選択制	○ 選択制
システム設計実習 (B)	プラント安全に関わる安全対策工事でのプラントシステム設計を題材として、系統・配置・配管・補機仕様等を検討し、模擬プラントを設計していく実践的研修プログラム	—	○ 選択制	○ 選択制

## 2.2. 令和6年度の計画及び業務の実施方法

令和6年度は2.1に示す全ての項目を現地にて対面形式で実施する。

### 2.3. 体制

令和6年度の実施体制を図2.3-1に示す。

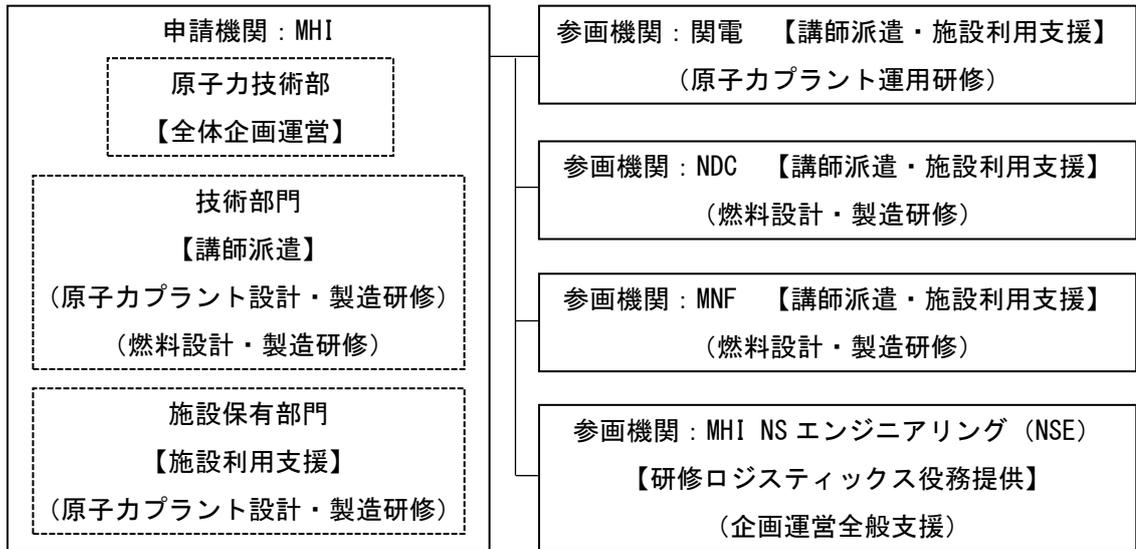


図2.3-1 実施体制

### 3. 令和6年度の成果

#### 3.1. 開催時期・参加者

令和6年度の研修開催実績を表3.1-1に示す。また、項目毎の参加学生の内訳を図3.1-1～3.1-2に示す。

- ▶ 当社及び関西電力 Web サイトでの募集に加え、学会展示、関係団体（原子力教員協議会、原子力人材育成ネットワーク、原子力学会学生連絡会等）や大学毎のリクルート窓口などを通して広く PR した結果、多数の大学から計画定員数を超える応募があった。
- ▶ 計画通り学生の夏休み期間である8月下旬～9月上旬に全項目を現地にて対面形式で開催する予定であったが、台風10号の影響により計画を急遽変更した。
  - ・項目1は、天候に配慮しながら一部プログラム構成を変更し、計画度通り8/27～29に開催した。
  - ・項目2は、公共交通機関の運休と発電所の入構制限発出を受け、開催を中止した。
  - ・項目3は、公共交通機関の運休により学生の移動が困難となったことを受け、開催日時を変更、9/26～27に延期開催した。延期開催にあたっては、一部の大学で夏休みが終了していたこと等を考慮し、参加学生を再募集した。
- ▶ 令和6年度は全国11の大学から計33名（延べ数）の学生が本研修に参加した。（項目1及び項目2は計画よりも受入数を2割拡大）

表 3.1-1 実績

項目	参加数 (受入数) ※3	研修期間	
		計画	実績
項目 1 : 原子カプラント設計・製造研修	22 名 (24 名)	8/27~29	
項目 2 : 原子カプラント運用研修		8/30	中止※4
項目 3 : 燃料設計・製造研修	11 名 (17 名)	9/2~3	9/26~27※5

※3 書類選考により決定した受入数（参加予定者数）。項目毎に計画人数以上の受入れを予定していたが、当日は、台風の影響や直前の体調不良により一部学生の参加辞退があり、参加数は数名減

※4 項目 1 の開催期間中に中止を決定

※5 台風の影響を受け、参加学生を再募集し延期開催

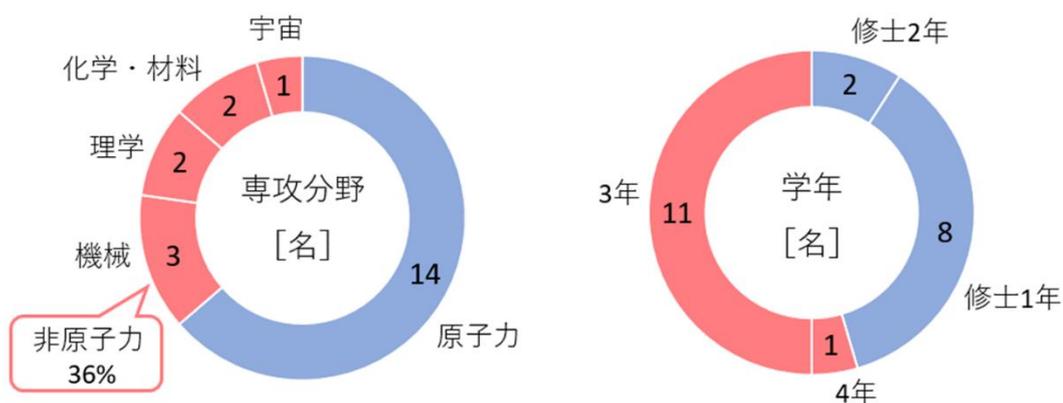


図 3.1-1 項目 1 の参加学生の内訳 (計 22 名)

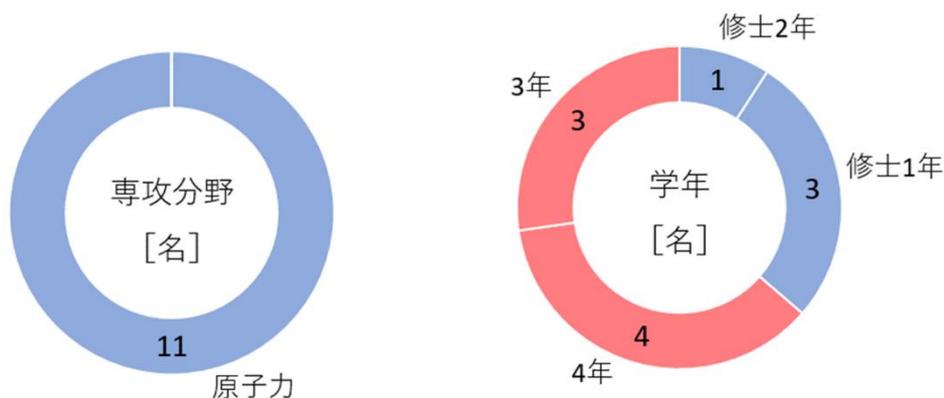


図 3.1-2 項目 3 の参加学生の内訳 (計 11 名)

### 3.2. 研修の実施

令和6年度の研修を以下の通り実施した。

- 項目1と項目3を計画通り現地・対面形式で実施した。（項目2は台風の影響により開催を見送り）
- 項目1と項目2は、加圧水型軽水炉（PWR）<sup>※6</sup>の特徴的な機器である蒸気発生器（SG）<sup>※7</sup>を共通のテーマとして、機器の設計、製作工法検討、検査から実際のプラント運用までを一貫して学び、且つ、学生自らが考え判断する実践的な研修プログラムを構築し、実施した。
- 項目3は、PWR燃料の開発から製作、試験までの一連のプロセスを、項目1・2同様に実践的に学ぶ研修プログラムを構築し、実施した。
- 全項目において、原子力専攻以外の学生を含め全員が実習にスムーズに参加できるよう実習に先立って基礎知識に係る講義を実施し、グループワークでは課題検討の成果をもとに講師を交えた学生間の討議や発表・質疑を行うことで、知識の習得だけに留まらず、合意形成力や表現力、コミュニケーション力などの育成も目指す構成とした。
- 研修後に学生が提出するレポート課題は、担当講師が1件ずつ添削・コメントし返送することで、理解の深化や達成感・満足度の向上を図った。なお、指導教員（研修に応募する際の推薦者）が研修内容や学生の理解度などを把握できるよう、レポート課題は指導教員を介して学生に返送している。

※6 加圧水型軽水炉（PWR）：原子炉の中で発生した高温高压の熱水を利用してつくった蒸気でタービンを回し発電する原子炉。当社は国内唯一の PWR プラントメーカーであり、現在国内で稼働している PWR プラントは全て当社が納入。

※7 蒸気発生器（SG）：原子炉内で発生した熱エネルギーを蒸気に変えてタービンに送る装置で、PWR プラントの重要機器の一つ。当社は 1970 年に美浜 2 号機用に初の国産 SG を製作して以来、これまでに取替用を含め 100 基を超える SG を製作し国内外に納入。

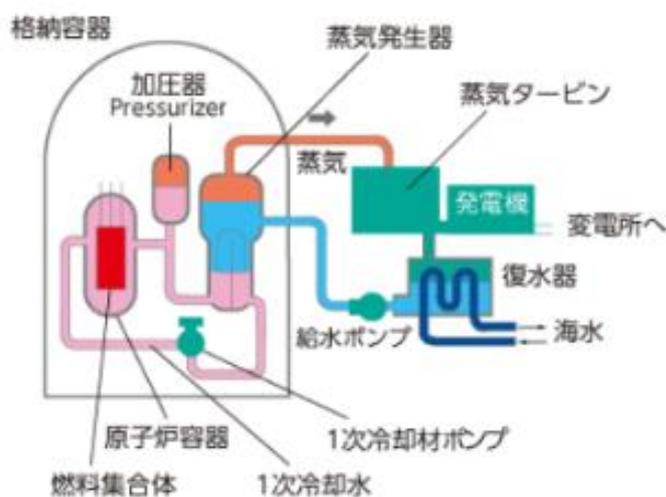


図 3.2-1 PWR 発電プラント

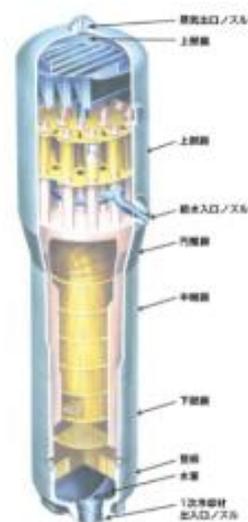


図 3.2-2 蒸気発生器の構造

◆ 項目 1：原子カプラント機器設計・製造研修 [MHI]

- 原子カプラントの概要や基本的な設備構成などの基礎的な技術に加え、原子力の役割・重要性や将来に向けた革新炉開発の取組みなど、原子力専攻外を含む全ての学生にとって有意義な研修となるよう、幅広い視点での講義を実施した。
- SG を項目 2 との共通テーマに設定し、主要機器の設計・製法工法検討、検査までの一連のプロセスについて講義・実習を実施した。
- プラントメーカーでの実際の設計業務を模擬体験できるプログラムとして「機器設計・製造実習（コース A）」と「システム設計実習（コース B）」を令和 5 年度に引き続き 2 コース選択制で実施した。対面形式でのグループワークでは幅広い学年、専攻分野の学生間での盛んな議論が展開された。
- 検査技術に関する講義、実習、ならびに検査機器・関連施設見学を実施し、大型機器の検査プロセスや技術開発状況などプラントの安全・安定運転に向けた最新の取組みを紹介した。
- 原子力機器製造工場・施設見学を行い、SG の製造現場や保全訓練用モックアップ設備などを紹介した。
- 原子力産業界で働くことの魅力を伝え、身近に感じてもらえるよう、若手技術者との交流会（関電社員も対面で参加）を開催し、闊達な意見交換が行われた。

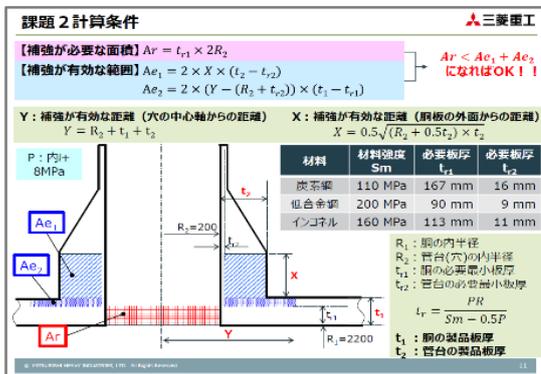


図 3.2-3 機器設計・製造実習テキスト

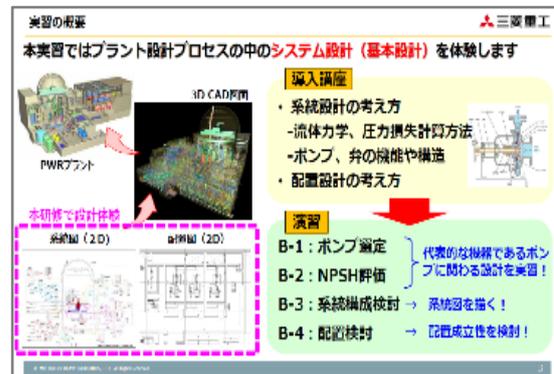


図 3.2-4 システム設計実習テキスト



図 3.2-5 講義の様子



図 3.2-6 VRでのプラント内部見学



図 3.2-7 グループワーク



図 3.2-8 成果発表



図 3.2-9 成果発表



図 3.2-10 講師による解説



図 3.2-11 非破壊検査実習



図 3.2-12 SG 工場見学



図 3.2-13 保全訓練センター見学



図 3.2-14 非破壊検査機器見学



図 3.2-15 若手社員との交流会 (MHI)



図 3.2-16 若手社員との交流会 (関電)

◆ 項目 2：原子力プラント運用研修 [関電]（台風により令和 6 年度は開催中止）

電力会社の視点・立場から原子力発電所での安全確保や電力安定供給に向けた取組みを紹介し、プラントメーカーが設計・製造したシステムや機器が実際にどのように運用され、社会に役立てられているかを理解する実習主体の研修プログラムを構築した。

- ・ 講義：PWR プラント特有の大型保全工事の一つである SG 取替工事を題材とした電力会社でのプラント保全業務に関する講義
- ・ 見学：運転中の大飯発電所を訪問し、プラント内部や様々な安全対策の現場を見学
- ・ 実習：訓練シミュレータ設備で出力調整等のプラント運転操作を体験

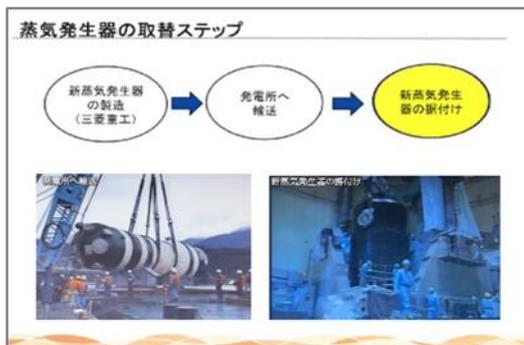


図 3.2-17 講義テキスト



図 3.2-18 シミュレータ実習 (イメージ)

◆ 項目 3：燃料設計・製造研修 [NDC、MNF]

- 原子燃料及び燃料被覆管の構造や設計思想、燃料が炉心寿命中に健全であるための要求事項や最新の燃料開発事例、事故燃料の開発動向、ならびに燃料の製造・検査プロセスについてのグループワークを取り入れた講義を実施した。
- 燃料開発・製造メーカーならではの体験型プログラムとして、燃料ペレット製造と燃料被覆管 LOCA 模擬試験<sup>※8</sup>を題材に動画教材を活用した実習とグループワークを実施した。

➤ 工場・施設見学では、国内唯一の再転換工程<sup>※9</sup>を含む一連の PWR 燃料製造工程やホットラボをはじめとした各種研究開発施設<sup>※10</sup>を紹介した。また、ホットラボ内で核燃料物質や放射性物質をを取扱う試験操作の一つとして、マニピュレータによる模擬試験体の準備や移動の操作体験を実施した。

※8 LOCA (Loss Of Coolant Accident : 冷却材喪失事故) を模擬した環境下で燃料被覆管の挙動を確認する試験

※9 濃縮されたウラン (UF<sub>6</sub>) を軽水炉用の核燃料として使用するために粉末 (UO<sub>2</sub>) にする工程であり、日本では唯一、MNF 東海工場が有する

※10 放射性物質を安全に取り扱うことができるよう設計され、核燃料の各種試験・検査・実験を行う施設

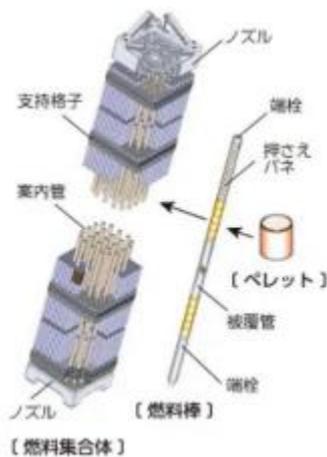


図 3.2-19 燃料集合体の構造



図 3.2-20 ホットラボ施設



図 3.2-21 講義 (PWR 燃料)

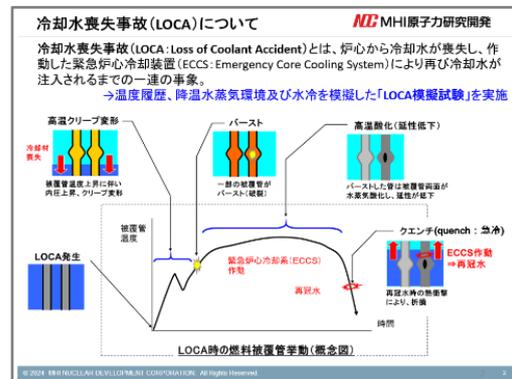


図 3.2-22 講義テキスト (燃料被覆管)



図 3.2-23 講義(ペレット製作)



図 3.2-24 ペレット製作実習



図 3.2-25 グループワーク



図 3.2-26 成果発表



図 3.2-27 燃料工場見学



図 3.2-28 燃料工場見学



図 3.2-29 ホットラボ見学

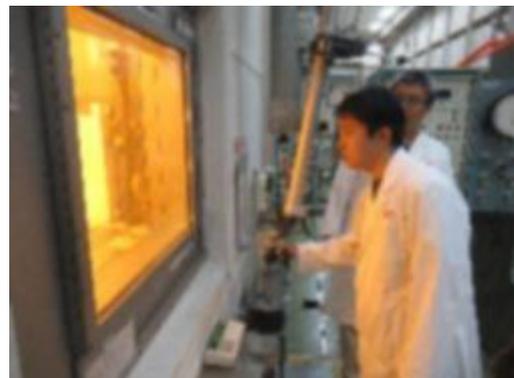


図 3.2-30 マニピュレータ操作

### 3.3. 事後評価

事業の有効性評価と今後の人材育成活動へのフィードバックを目的に、事後評価として①参加学生アンケート、②指導教員アンケート、③社内評価を行った。

#### ① 参加学生アンケート

研修終了後、参加学生全員に対するアンケート調査を実施した。学生からの主な意見を表 3.3-1 に示す。

- 図 3.3-1 に示す通り、参加者全員が本研修を「満足」、「後輩にも勧めたい」（5段階評価の5と4）と回答した。
- 本研修に参加したことで「原子力の必要性を理解できた」、「原子力業界を身近に感じた」、「自分の専攻分野が原子力でも役に立つことを実感した（原子力専攻外の学生）」など、原子力技術・業界に対するポジティブな意見が多数挙げられた。
- 本研修の大きな特徴である“実践的・体験型”プログラムに対しても「現場で実物が見れて理解が一気に深まった」、「楽しみながら学べ、将来こんな仕事がしたいと思った」、「講義や交流会で両社の技術者から様々な話を聞いたことは大学では得られない貴重な経験」など高い満足度を示す声を多く確認した。
- 現地開催に対しては、「講義で学んだことを現場で目で見て復習できたので理解が深まった」、「現場の雰囲気を感じることができて良かった」、「他校の学生との交流が刺激になった」などの意見が多く、有効性を再確認した。

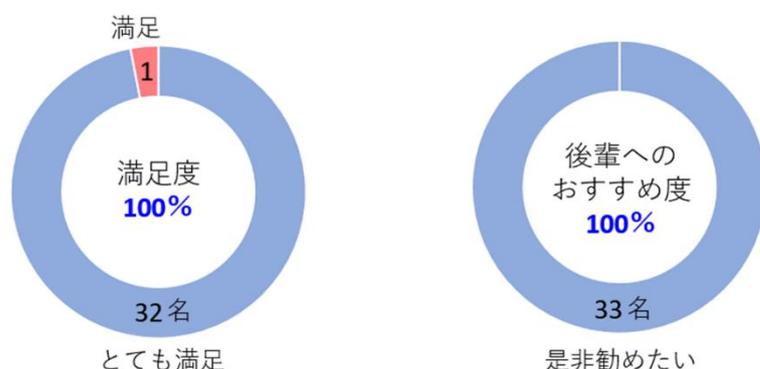


図 3.3-1 参加学生の声

#### ② 指導教員アンケート（記述式）

レポート課題の返送と併せ、指導教員へのアンケート調査を実施した。主な意見を表 3.3-2 に示す。

- 「大学には真似できない企業ならではの実践教育」、「原子力産業界の最前線を体験できる貴重な機会」など、指導教員の多くが本研修の趣旨や有効性を高く評価した。
- 研修に参加したことで「他校生との交流も良い刺激になり、モチベーションが向上した様子」、「卒業後の姿を意識しながら研究に取り組むようになった」、「原子力への興味が深まり、積極的に講義や研究活動に参加するようになった（原子力専攻外の学生）」など、多くの学生の意識が前向きに変化していることを窺い知れた。

③ 社内評価

プログラム構成や指導方法、参加学生の理解度等について、講師を除く社内関係者による客観的な評価を実施した。

- アンケートやレポート課題の回答から原子力専攻外の学生を含め、研修全体を通して十分な理解が得られていることを確認した。
- アンケートや進路調査結果から本研修が原子力業界の魅力発信や人材のすそ野拡大にも有効であることを確認した。
- プログラム構成の見直しや講座の充実化など次年度以降の人材育成活動に向けた多くの改善点を抽出した。

表 3.3-1 参加学生の声

<p>研修・講義内容について</p> <p>* 非原子力専攻の学生の声</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ プラント設計の難しさや面白さなど多くのことを実践的に学べ、<u>将来こんな仕事がしたい</u>と思った。</li> <li>✓ <u>原子力発電の基礎から学べる点や様々な分野の仕事を知ることができる点</u>が特に良いと思う。*</li> <li>✓ <u>蒸気発生器などの実物を見る</u>ことができ、講義で学んだことの理解が一気に深まった。</li> <li>✓ <u>専攻に関係なく理解しやすい講義</u>で、設計実習でも自分の専攻分野の知識が活かせるところが多く、<u>後輩にも勧めたい</u>と思った。*</li> <li>✓ 原子力に関わる<u>仕事の幅がとて</u>も広いことを実感した。</li> <li>✓ <u>実務体験や社員との交流を通して原子力業界で働くことがイメージ</u>でき、進路選択の参考になった。</li> <li>✓ 専門的で難しいところもあったが、<u>講師の説明やテキストが分かり易く、たくさん質問もできた</u>ので十分理解できた。*</li> <li>✓ 他では見ることができない貴重な核燃料の製造現場を間近で<u>見学</u>できて楽しかった。</li> <li>✓ 技術的な側面だけでなく、<u>安全対策の考え方や品質管理の重要性</u>なども学べて良かった。</li> <li>✓ <u>グループワークが多く、他校の参加者と意見交換しながら楽しく学べ、良い刺激</u>になった。</li> </ul>
<p>意識の変化、自身の将来について</p> <p>* 非原子力専攻の学生の声</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 将来に不安を感じていたが、<u>革新炉開発など技術の発展や将来性</u>を知ることができて安心した。</li> <li>✓ 原子力は危険なイメージがあったが、<u>安全最優先の取組み</u>のもとで生活に大いに役立っていることを実感でき、<u>イメージが良くなった</u>。*</li> <li>✓ <u>同世代の学生や社員との交流</u>を通して原子力を学ぶことへのモチベーションが高まった。</li> <li>✓ 原子力業界で働くことはあまり考えていなかったが、<u>この業界で働きたい</u>という気持ちが芽生えた。*</li> <li>✓ <u>プラントメーカーと電力会社の仕事の違い</u>も知ることができて進路の参考になった。</li> <li>✓ 社員の皆さんの<u>原子力に対する熱意</u>に触れて、原子力分野への興味と憧れが大きくなった。*</li> </ul>

表 3.3-2 指導教官の声

<p>Q：本研修は学生にとって有用だったと思いますか？</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 研修を通して<u>実践的なことを数多く学べ</u>、原子力分野で働き、活躍するイメージが持てたと思う。今後は<u>他の学生にも参加を勧めたい</u>。</li> <li>✓ 大学では<u>実践的な教育を行うことが難しく</u>、<u>メーカーならではの研修プログラムは学生にとって大変貴重な経験になった</u>と思う。</li> <li>✓ <u>履修した学科目が社会でどのように活用されているのか</u>を理解できる良い機会だと思う。</li> <li>✓ 大学では<u>ものづくりや現場の設計に密着した教育は難しく</u>、<u>大学での教育と企業での研修は補完関係にある</u>。</li> <li>✓ 原子力工学全般を学んできた学生にとって、<u>実際の原子力産業界の最前線を体験できることは実学の観点でとても有用だ</u>と思う。</li> <li>✓ 研修後に本人と面談し、話す内容や様子から非常に有用な研修であったと判断した。</li> <li>✓ <u>現場の関係者から直接指導してもらうことは座学で学んだ知識を実践的に身に付ける極めて良い機会と考える</u>。</li> </ul>
<p>Q：研修前後で学生に変化は見られますか？（研究への取組み姿勢、将来に対する意識など）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ どの分野に行きたいか、何をしたいのか等あまり明確な目標が無かったようだが、研修に参加して<u>原子力業界に強く興味を持ったよう</u>で、関連する講義や研究活動に積極的になんかするようになったと感じる。</li> <li>✓ メーカーや電力会社など<u>原子力の現場に対する興味</u>がより高まったように思われる。</li> <li>✓ もともと熱心な学生だが、受講後も引き続き原子力を熱心に学ぼうとしている。</li> <li>✓ 本人曰く、<u>原子力産業の衰退に不安を抱えていたが</u>、様々な革新技術の開発や実用が進む見通しがあることを知り、<u>未来に希望を持てるようになった</u>とのこと。</li> <li>✓ 原子力分野への関心が高まったと思う。今後の<u>研究室配属や進路に影響</u>があるはず。</li> <li>✓ <u>原子力利用の意義を再認識</u>することができたと本人からも聞かされた。</li> </ul>

#### 4. 結言

令和6年度は台風10号直撃の影響を受け已む無く項目2の開催を見送ったが、臨機応変な対応により項目1および項目3を計画通り現地・対面形式で開催した。前年度末には今年度の実施を見据え日本原子力学会春の年会（令和6年3月26日～28日）で本事業を紹介するなど、PR活動を強化した結果、申込者数は3年間で最多となり、幅広い学年・専攻分野の学生が研修に参加した。研修プログラムは、令和5年度をベースに構成の最適化やテキストの改良など、前年度事後評価結果を最大限フィードバックしたことで、原子力専攻/専攻外を問わず、全ての学生が理解しやすく満足度の高い研修を提供することができたと思う。

当社グループと関西電力は、今後も国内原子力産業のリーディングカンパニーとして、社会のニーズや学生・教員の期待に応える“プラントメーカーと電力会社ならではの”の人材育成活動を継続し、原子力技術の発展とエネルギー安定供給の実現に貢献していく。