

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

「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3月

三菱重工業株式会社

目 次

1. 事業の概要	1
1.1 背景	1
1.2. 目的	1
2. 事業計画	1
2.1. 全体計画	1
2.2. 令和 4 年度の計画及び業務の実施方法	3
2.3. 体制	3
3. 令和 4 年度の成果	3
3.1. 開催時期・参加者	3
3.2. 研修の実施	5
3.3. 事後評価	7
4. 結言	10

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学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 に示す。また、本事業での育成対象を表 2.1-2 に示す。

本事業では技術者による座学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、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（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 3 日間、項目 3 は 2 日間）とする計画である。

◆ 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・重要性や、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。
- ▶ グループワークでは、1年目に「機器設計・製造実習（コース A）」、2年目に「システム設計実習（コース B）」をそれぞれ単独で実施し、3年目はコース A/B 選択形式での開催とする計画である。（グループワークのテーマ及び 3 ヶ年事業の各年度の実施計画を表 2.1-3 に示す）

- ◆ 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、動画教材を用いて紹介すると共に、大飯発電所のオンラインツアーも実施することで可能な限り現場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 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且つ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を取り入れることで可能な限り現場体験できるプログラムとする。

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(コース B) ■■■■ 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 育成対象及び計画人数

項目	育成対象	計画人数
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）及び高等専門学校 生（専攻科）	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

表 2.1-3 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
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

2.2. 令和4年度の計画及び業務の実施方法

令和4年度は新型コロナウイルスの影響を考慮し、全ての項目をオンラインで実施する。

2.3. 体制

令和4年度の実施体制を図 2.3-1 に示す。

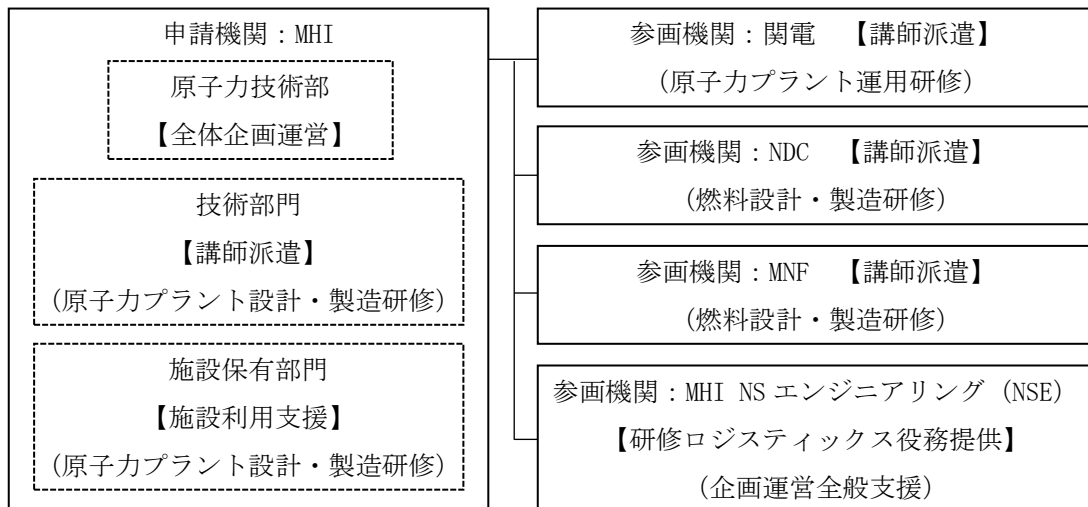


図 2.3-1 実施体制

3. 令和4年度の成果

3.1. 開催時期・参加者

令和4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。

- 計画通り、学生の春休み期間である2月中旬から下旬にかけて全項目をオンライン形式で研修を開催した。
- 当社 HP での募集に加え、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

等) や各大学のリクルート窓口などへの PR を行った結果、全国の大学から計画定員数を超える応募があった。

- ▶ 令和 4 年度は、参加者の移動や受け入れ施設の容量制約を伴わないオンライン形式の特性を踏まえて、受け入れ人数を拡大し、全国 16 の大学から計 43 名(延べ数)の学生(半数近くが非原子力専攻)が本研修に参加。当初計画定員数より多くの学生に研修参加の機会を提供した。

表 3.1-1 実績

項目	参加者数	研修期間
項目 1: 原子カプラント設計・製造研修 [MHI]	21 名 (計画 20 名)	2023 年 2 月 15 日～17 日 (3 日間)
項目 2: 原子カプラント運用研修 [関電]		
項目 3: 燃料設計・製造研修 [NDC、MNF]	22 名 (計画 20 名)	2023 年 2 月 20 日～21 日 (2 日間)

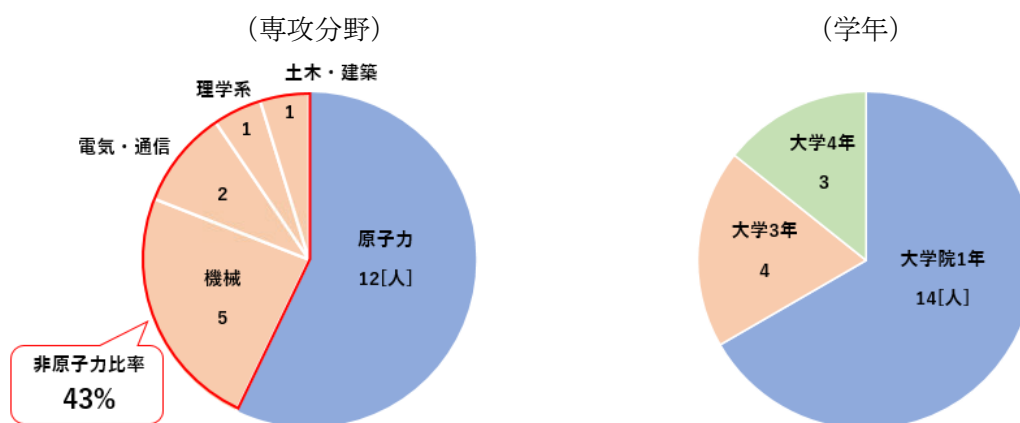


図 3.1-1 項目 1・2 の参加学生の内訳 (計 21 名)

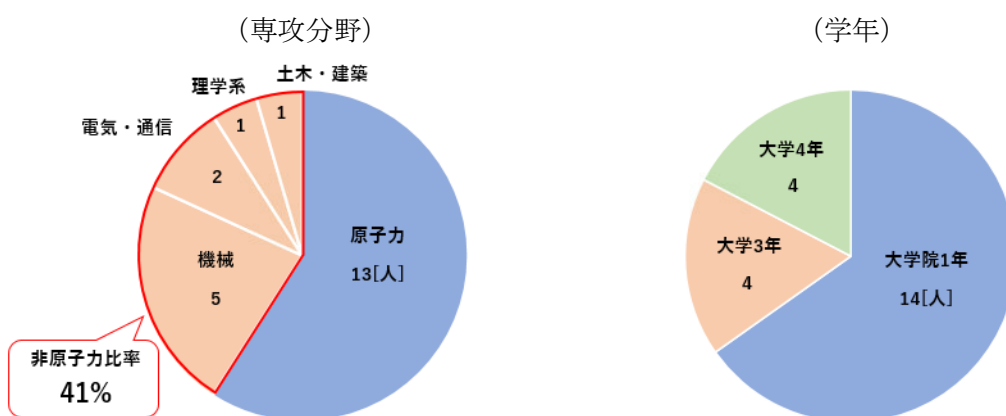


図 3.1-2 項目 3 の参加学生の内訳 (計 22 名)

3.2. 研修の実施

令和4年度の研修を以下の通り実施した。

- ▶ 項目1と項目2は、加圧水型軽水炉（PWR）^{※1}の特徴的な機器である蒸気発生器（SG）^{※2}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。
- ▶ 全ての項目において、学生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。

◆ 項目1：原子力プラント機器設計・製造研修 [MHI]

- ▶ 原子力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との共通テーマとして、主要機器の設計・製作工法検討、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。
- ▶ 3ヵ年事業の1年目である令和4年度は、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）」を実施した。
- ▶ 検査技術に関する講義及び検査機器・関連施設のオンライン見学を実施し、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（関電社員も参加）を開催し、闊達な意見交換を実施した。

※1 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。

※2 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。

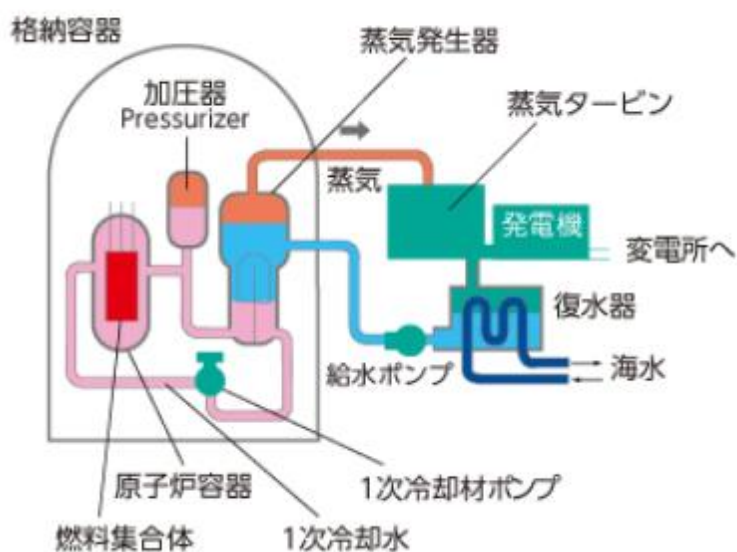


図 3.2-1 PWR 発電プラント

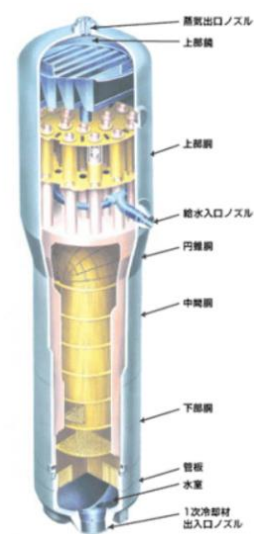


図 3.2-2 蒸気発生器の構造

◆ 項目 2：原子力プラント運用研修 [関電]

- 電力会社の視点・立場から原子力発電所の現場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、原子力発電がどのように社会に貢献しているかについて理解を深めることを目的とする。
- SG を項目 1 との共通テーマとし、PWR プラントの特徴的な大型保全工事の一つである SG 取替工事の記録映像を使用した動画教材による講義を実施した。
- 大飯発電所オンラインツアーによるプラント内部の紹介や、プラント運転操作（シミュレータ訓練）の動画教材を用いて、日常管理や事故時対応も含めたプラント運用についての講義を実施した。

◆ 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。
- 実際の開発・製造現場でなければ体験できない燃料ペレット製造と燃料被覆管 LOCA 模擬試験^{※3}を題材として、動画教材を活用した実習とグループワークを実施した。

※3 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

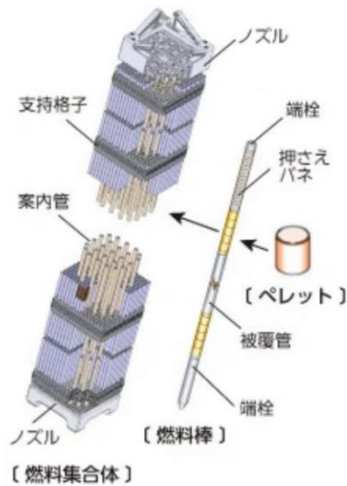


図 3.2-3 燃料集合体の構造

3.3. 事後評価

事業の有効性評価と次年度以降への適切な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指導教官アンケート、③全体振り返り評価を行った。

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。

- ▶ 参加者全員が本研修を「有意義であった」、「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「原子力業界で働きたい気持ちがより大きくなった」、「原子力分野に進学する決意が固まった」など将来原子力に携わることに対する前向きな意見が多数挙げられた。
- ▶ 本研修の大きな特徴である「プラントメーカーと電力会社の連携」に対しても「メーカーと電力会社それぞれの取組みを比較して知ることができて良かった」、「交流会は両社の技術者の話を聞ける良い機会」などの好意的な意見が多く得られた。
- ▶ 一方で、「実際に施設を目で見て規模感や臨場感を肌で感じてみたい」、「対面でのディスカッションを行いたい」など現地開催を期待する声も多く挙げられた。

② 指導教官アンケート（記述式）

指導教官（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、レポート課題を指導教官を介して学生に返送しており、レポート課題の返却と併せ、指導教官へのアンケート調査を実施した。指導教官からの主な意見を表 3.3-2 に示す。

- ▶ 指導教官の多くが「本研修は学生にとって有用」と評価し、「メーカーならではのプログラムであり学生にとって貴重な機会」、「他校の学生との交流は大学だけでは得られない良い経験」などポジティブな意見が多く挙げられた。

- ▶ 本研修に参加したことで「研究に取り組む姿勢が以前より積極的になった」、「自信を持って自分の意見を発言するようになった」、「今後のビジョンが明確になったようだ」など学生の意識が前向きに変化したことが窺い知れた。
- ▶ 一方で、参加学生同様に現地開催を望む意見も多く挙げられた。

③ 全体振り返り評価

研修の実施にあたっては、すべてのプログラムに対して、講師以外の社内有識者、事務局が聴講して客観的な評価を実施した。また、講師意見や参加者、指導教官アンケートなども踏まえて総合的な振り返り評価を実施した。

- ▶ 社内関係者による客観評価や、参加者・指導教官アンケート、レポート課題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。
- ▶ 講座毎の時間配分や説明のポイントなど、次年度以降に向けた改善点を抽出した。

Q：この研修は如何でしたか？

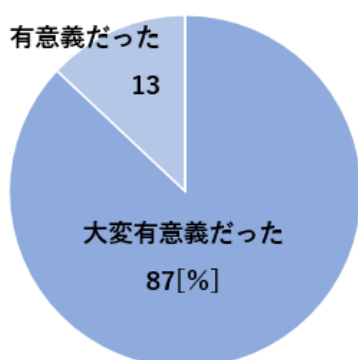


図 3.3-1 参加学生の声①

Q：後輩にも参加を勧めたいですか？

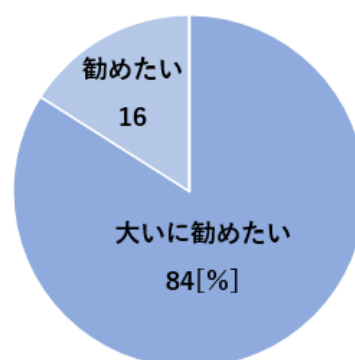


図 3.3-2 参加学生の声②

表 3.3-1 参加学生の声

<p>研修・講義内容について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>原子力専攻でない人間にもとても分かりやすい研修で、原子力に関する知識だけでなく興味も深めることができた。</u> ✓ <u>プラントメーカーの高度な技術や知見を教えてもらえる機会</u>はとても貴重で、短期間だがとても実りの多い内容だった。 ✓ 製造現場や運用現場の動画を見て、その<u>規模、迫力、技術力の高さを感じ取ることができた。</u> ✓ <u>大学では経験できない内容であり、実習を通じてメーカー・電力の業務を実感できてよかった。</u> ✓ 他校や専攻の異なる学生とのグループディスカッションを通じ、<u>自分にはない発想に触れることができたのもとても良い経験になった。</u> ✓ 様々な意見を聞くことで、原子力の設計・製造について<u>広い視点で考えることができた。</u>
<p>感想</p>	
<p>要望</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ オンラインではなく実際に工場や発電所を見学して規模感や臨場感を肌で感じてみたかった。 ✓ 動画で見たシミュレータ操作は可能であれば自分でもやってみたい。 ✓ プラントの機器配置や配管設計を体験しながら学びたい。 ✓ 来年度は是非とも対面で開催してほしい。 ✓ 研修期間はオンラインなのでちょうど良かったが対面だと少し短いかも知れないと感じた。
<p>自身の今後・将来について</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>原子力産業界で働く意思が固まったと共に、業界の外にも原子力の安全性などを発信していきたいと思った。</u> ✓ <u>将来原子力分野に携わり、社会に貢献したいと強く感じる</u>ことができる研修だった。 ✓ 自分の研究も将来の原子力分野に貢献できると認識でき、<u>研究へのモチベーションが一層高まった。</u> ✓ 小学生に頃に福島が事故が発生し、原子力はリスクを伴う発電方法というイメージを持っていたが、研修を通じて<u>安全最優先の取り組みや原子力の価値や必要性、安全性向上を理解</u>することができたことでイメージが大きく変わり、<u>原子力に携わる技術者として社会に貢献したいと考えるようになった。</u>

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"> ✓ <u>授業では学べない内容が多く、原子力に興味を持つ学生にとって大変貴重な場である。</u> ✓ <u>網羅的な内容で、しかも実際の設備の詳細な情報が入っており、大変魅力的。テキストの「くたびれ方」からも熱心に受講したことが伺える。</u> ✓ <u>原子力に対する理解を深めるためにはプラントや燃料等のモノづくりの現場を知ることが重要であるため本研修は有用。</u> ✓ <u>メーカーならではの現場に近い研修を今後も是非継続してほしい。</u> ✓ <u>他校の学生との交流も大学内だけでは得ることができない貴重な経験。</u> ✓ <u>可能であれば対面で開催し、エンジニアと直接話ができる機会となれば尚良い。</u>
<p>Q：本研修の前後で学生に変化は見られますか？（研究への姿勢、原子力への意識など）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>表面的ではなく深いところまで理解したことで研究に対する自分の考えに自信を持つようになったと感じる</u> ✓ <u>問題意識が高まり、より多様なテーマに自発的に取り組むようになった。</u> ✓ <u>研究活動にもこれまで以上に熱心に取り組むようになったと感じる。</u> ✓ <u>もともと積極的な学生であり「大きな」変化は見られないが、<u>自身の考えを発言する機会が増えた</u>印象がある。</u> ✓ <u>「家族や友人に原子力の安全性を伝えていきたい」と本人から報告を受けた。</u>

4. 結言

令和4年は新型コロナウイルスの影響によりオンライン形式で研修を実施したが、前年度^{※4}の経験や整備した動画教材などを活かしオンラインでも十分な効果が得られるよう、コンテンツ及びプログラム構成を作り込むことで、参加学生の満足度が高い、プラントメーカー／電力会社ならではの研修を提供することができたと考える。

次年度は、期首計画に沿って項目1（原子力プラント機器設計・製造研修）の追加コンテンツ「システム設計実習」を新たに構築し実施すると共に、事後評価で抽出した意見・要望や改善課題を的確にフィードバックすることで、研修プログラムの発展的ブラッシュアップを図る計画である。また、新型コロナウイルスの状況も踏まえつつ、現地開催への変更も含め検討する。当社は今後も社会のニーズや学生の期待にマッチした人材育成活動を展開していく。

※4 令和3年度 横断的な人材育成事業「軽水炉プラント及び燃料に関する安全設計技術の体験的研修」も新型コロナウイルスの影響によりオンライン形式で実施