

事務連絡
平成28年2月28日

日本原子力発電株式会社 御中

文部科学省
研究開発局研究開発戦略官
(新型炉・原子力人材育成担当)付

国際原子力人材育成イニシアティブ事業 事後評価結果について

貴機関において実施された「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」に係る事後評価結果を、以下のとおり通知いたします。評価基準等については、別に定める「国際原子力人材育成イニシアティブ事業 事後評価について」を御参照願います。

課題名	原子力産業分野におけるロボット技術を担う人材育成
実施機関	日本原子力発電株式会社
実施期間	平成25年度～平成27年度

【評価結果】

A	計画以上の優れた成果があげられた
---	------------------

【審査評価委員会所見】

<推奨意見>

- 原子力関連企業として、ロボット技術の視点から研修プログラムや教材を開発し、電気や機械等の理工系分野を専攻する大学生や高等専門学校生を対象とした研修プログラムを整備した点が評価できる。特にマルチメディア教材については、原子力発電所でのロボット適用に当たり考慮すべき原子力発電システムの特徴や課題について紹介するものであり、既に別の研修の場においても利活用されている点も評価できる。
- 学生からのアンケート結果や教員からの評価を踏まえ、研修カリキュラムやテキストの改善に積極的に努めている点も評価できる。特に、学生－専門家との意見交換の場や発表の機会を設ける等、学生一人一人が研修プログラムに積極的に参画するための改善を進めている点が評価できる。

<今後への参考意見>

- 引き続き、継続的な事業実施に努めていただくとともに、開発したマルチメディア教材や研修テキストについては、積極的に発信・活用していただくとともに、今後も継続的な事業実施に努めていただきたい。

国際原子力人材育成イニシアティブ事業成果報告書

<課題名>

機関横断的な人材育成事業「原子力産業分野におけるロボット技術を担う人材育成」

<実施機関>

日本原子力発電株式会社(以下、「当社」という。)

<連携機関>

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、アクティブリンク(株)、三菱重工(株)、(株)東芝、九州大学、福島工業高等専門学校、茨城工業高等専門学校、都立産業技術工業高等専門学校、東京消防庁

<実施期間・交付額>

25年度6,947千円、26年度18,519円、27年度15,452千円

<当初計画>

1. 目的・背景

原子力分野では、放射線環境下での作業という特殊性のため、早期からロボット技術が活用されており、その技術は独自の進化を遂げてきた。現在では、原子力施設においてロボット技術は随所で導入されており、原子力施設運用に欠かせないものとなっている。近年では要素技術の進歩に伴い、パワーアシストスーツなどの多機能ロボットの適用が検討されている。

さらに福島第一原子力発電所事故後、原子力施設での災害用、廃止措置などに適用する新たなロボット開発が急ピッチで進められるなど、原子力分野におけるロボット技術の重要性はますます高まっている。

このような背景のもと、原子力やロボット技術に関心のある学生(工業高等専門学校生及び大学生)を対象に、参加者の原子力専門教育過程への進学や、将来の原子力事業への従事につながる学びの機会を提供するため、現場経験を生かした最新のロボット技術やニーズ、活用実績、適用にあたっての条件等について学ぶ教育を実施する。

なお、本事業は、茨城県東海村の当社総合研修センターを拠点とし、ロボット技術を開発、活用する研究機関やメーカー、原子力緊急事態支援センター等を見学するなど、原子力関係機関が有する人材育成資源を最大限活用して事業を進める。

2. 実施計画

平成25～27年度の実施計画は次のとおり。

(1) 検討会

初年度である平成25年度は、「原子力産業分野におけるロボット技術の活用」をテーマに、教育機関と社内関係箇所が連携した検討会を開催し、研修カリキュラム及びテキストについて検討、作成する。またテキスト作成にあたっては、海外の廃炉関連ロボット技術の情報を収集し、反映する。

(2) 「原子力産業分野におけるロボット技術の活用」研修

平成26年度は、検討した研修カリキュラムをもとに、工業高等専門学校生20名、大学生20名、平成27年度は、工業高等専門学校生30名、大学生/大学院生30名を対象に、3～5日間の研修を、年度ごとに5回実施する。

【研修内容】

1. 原子力施設とその運用

ロボット技術の観点から、原子力施設及びその運用について解説する。

2. シミュレータを活用した原子力プラントシステム解説

原子力施設の配管等レイアウトの把握や系統の役割・重要度の理解のため、動画や3D画像を

用いたシミュレータシステムにより解説する。

3. 原子力発電所における検査・作業へのロボット技術の活用

原子力発電所で使用される検査・補修ロボットについて解説及び操作体験を行う。

4. 廃止措置におけるロボット技術の活用

我が国初の商業用原子力発電所である当社東海発電所の廃止措置の経験を踏まえ、廃止措置分野におけるロボット技術の適用について解説する。

5. 原子力緊急支援におけるロボット技術の活用

当社施設内の「原子力緊急事態支援センター」で原子力事故対応におけるロボット技術の活用について解説及び操作体験を行う。

6. 原子力用パワーアシストスーツ(PAS)の開発

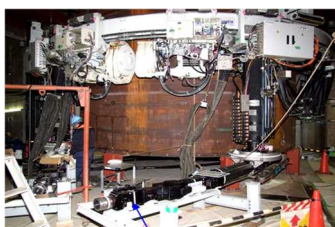
当社が実用化を目指している多機能型ロボット PAS の開発状況を紹介する。

7. 日本原子力研究開発機構(JAEA)におけるロボット開発の取組み

JAEA が開発した遠隔保守システムや偵察ロボット、重量物運搬ロボット等の視察を行う。

8. 事故対応へのロボット技術の活用に関する取組み

ロボット開発メーカーの開発現場を訪問し、実機の視察と開発担当者とのディスカッションを行う。



遠隔切断装置による解体工事
(東海発電所廃止措置)



当社の施設に配備している
ロボット



開発パートナーである
アクティブリンク社が
開発した PAS

(3) 研修の評価

研修においては、毎回受講生にアンケートを実施するとともに、講師とは別に社外・社内の評価者を置き、研修全体の評価を実施する。研修の振り返りとして、社内において、当社の本店・東海・敦賀地区の三者による評価会合を開催し、受講生アンケート及び評価者による評価書をもとに、各研修項目及び研修全体について評価を行い、以降の研修において反映させる。

(4) ロボット技術に関するマルチメディア教材の製作・活用

原子力施設でのロボットは、本来放射線環境下での現場作業や緊急時支援用に活用されているものであり、必ずしも研修日程に合わせて見学が可能なのではないことから、映像で視聴できるようなマルチメディア教材を製作する。製作にあたっては、2年目の研修の有効性を確認した上で製作し、3年目の研修で使用する。さらに海外の留学生や研修生等にも活用できるよう英語版に編集する。

<実施状況>

「原子力産業分野におけるロボット技術の活用」をテーマに、産学官の連携のもと、当初計画の100名を上回る109名の学生に研修を行った。大学生対象研修では、原子力人材育成ネットワークを通じた募集も実施し、4名の参加を得ることができた。

(1) 検討会

平成25年1月から3月にかけて3回の検討会を実施し、大学(九州大学)及び工業高等専門学校(福島工業高等専門学校、茨城工業高等専門学校、東京都立産業技術高等専門学校)の先生方から、

先生や学生の立場からの観点での研修・教育ニーズ等の提言をいただいた。また当社から提示した研修内容、テキストについて、意見やアイデアをいただいた。

(2) 「原子力産業分野におけるロボット技術の活用」研修

平成 26 年度は、8 月から 2 月にかけて 4 日間の研修を 5 回実施し、工業高等専門学校生 35 名、大学生 23 名の計 58 名の学生に研修を実施した。

平成 27 年度は、8 月から 12 月にかけて 4 日間の研修を 5 回実施し、工業高等専門学校生 34 名、大学生 17 名の計 51 名の学生に研修を実施した。

研修にあたっては、学生に課題を付与し、研修の終盤にて発表を行うカリキュラムとした。これにより、学生の研修に対する意欲を向上させるとともに、課題認識を持たせることができた。学生の発表に際しては、当社やメーカーの技術者が、ロボット技術のニーズ、適用にあたっての固有条件等現場や実務を踏まえたアドバイスや学生との意見交換等を行った。

(3) 研修の評価

評価者については社外評価者延べ 9 名、実施部門以外の社内評価者延べ 3 名があたり、より客観的な視点から、当初計画の通り評価を実施し、その結果を以降の研修へ反映させた。

なお、社内で 4 回開催した会合の実施にあたっては、当社の TV 会議システムを利用し、会議の合理化・効率化を図った。

(4) ロボット技術に関するマルチメディア教材の製作・活用

平成 26 年度には、原子力産業分野におけるロボット技術の活用状況などを紹介するマルチメディア教材 35 分の日本語版を作成し、平成 27 年度の研修において補助的手段として活用した。また平成 27 年度は、更に海外研修生・留学生などへの活用拡大を図るため、また、より広範囲な人材を対象に効率的かつ効果的な研修ができるものとするを目的に、日本語版マルチメディア教材をもとに 35 分の英語版を製作した。



原子力緊急事態支援ロボットの操作などの視察



原子炉内点検用水中遠隔操作ロボットの操作体験



原子力発電所の環境下でのロボット技術アイデアを発表



緊急時支援ロボット関連施設として消防救助機動部隊を視察

表 1. 育成対象及び人数（結果）

実施項目	実施プログラム	育成対象者	育成人数		
			25年度	26年度	27年度
「原子力産業分野におけるロボット技術の活用」研修	4日間コース ・原子力施設とその運用（講義） ・シミュレータを活用した原子力プラントシステム解説（実習） ・原子力発電所における検査・作業へのロボット技術の活用（講義及び質疑） ・廃止措置におけるロボット技術の活用（講義・視察） ・原子力緊急事態支援におけるロボット技術の活用（視察） ・原子力パワーアシストスーツの開発（参加型講義） ・日本原子力研究開発機構におけるロボット開発の取組み（講義） ・ロボット技術の活用に関するメーカーの取組み（視察、実習） ・研修生テーマ発表と意見交換（実習）	工業高等専門学校 電気工学科 2,5 年生、 機械学科 2~5 年生、 物理工学科 3,4 年生、 ものづくり工学科 1~5 年生、 機械知能システム工学科 1~3 年生、 生産システム工学専攻 2 年生、他	—	35名	34名
		大学生 原子力専攻 1,2 年生、 機械工学科 1~修士 2 年生、 電気システム工学科 2 年生、他	—	23名	17名
		参加人数（実績）	—	58名	51名
		（参考指標） 交付額/参加人数	—	千円/人 319 千円/人	302 千円/人

表 2. 実施スケジュール（結果）

項目	25年度 (四半期毎)				26年度 (四半期毎)				27年度 (四半期毎)				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
① 検討会の実施 (カリキュラム、テキストの作成)				□ ←→									
② 研修の実施						4回 □		1回 □		4回 □		1回 □	
③ 研修の評価						□		□		□		□	
④ マルチメディアの作成						←→				←→			

〈成果と評価〉

平成 26 年度から 27 年度にかけ、原子力やロボット技術に関心のある学生（工業高等専門学校生及び大学生）109 名を対象に、参加者の原子力専門教育過程への進学や、将来の原子力事業への従事につながる学びの機会として、現場経験を生かした最新のロボット技術やニーズ、活用実績、適用にあたっての条件等について教育を実施することができた。大学や工業高等専門学校の先生方からは、研修への参加をきっかけに原子力関係に興味を持ち、進学や就職を目指す学生がいるとの報告を得ている。

（1）研修の企画について

研修の企画及びテキスト作成のための検討会では、教育機関の先生方から、導入部分で学生の興味・関心を喚起すること、個別講義の充実のみならず全体の関連性を提示すること、原子力発電所の事故事例等学生の関心事を反映すること、受講生に対し課題を付与すること等の研修・教育ニーズを伺い今回のカリキュラムやテキストに反映することができた。また、今後の研修プログラムの構築に際して大いに役立つ示唆をいただくことができた。

（2）参加状況について

参加者の募集にあたっては、当社の研究開発にて接点のある大学をはじめ、ロボットコンテスト等に参加している工業高等専門学校へのアプローチ、原子力人材育成ネットワークを通じた募集等を実施した。

平成 27 年度は、工業高等専門学校生の受講希望者が増え、受け入れ可能な範囲内で希望に対応したことから工業高等専門学校生 34 名、大学生 17 名、合計 51 名となった。また、研修参加校数は、工業高等専門学校 6 校、大学 6 校で、平成 26 年度の工業高等専門学校 2 校、大学 5 校を上回った。

（3）「原子力産業分野におけるロボット技術の活用」研修結果について

当初計画した回数回の研修を実施し、計画を上回る参加者数を得ることができた。毎回の研修において受講者全員に講義・実習・視察の全項目についてアンケートを実施したところ、平成 26・27 年度の全 10 回を通して、理解度は 80%前後あり、またその内訳からも「よく理解できた」、「ある程度理解できた」を合わせると 80~100%前後あることから、「ある程度理解できている」と評価する。具体的には「ロボットだけでなく原子力について理解し、興味を持った」との感想が得られた。また評価者による講義の評価結果では、5 段階評価の 3.5~4.8 と評価されており、平均すると 4.5 と高評価であった。具体的には「学生の原子力関係ロボットに対する認識・関心がより大きくなった」「原子力におけるロボットの必要性、要求仕様、開発に関する考え方の理解が進んだ」「情報が多く、密度が濃い研修だった」などの感想・意見が寄せられた。結果として、原子力専攻の大学生はもとより、機械・電気の分野を含むより多くの大学生や工業高等専門学校生にも原子力についての興味や関心を持つ機会を提供することができ、所期の目的を果たすことができた。

（4）研修の評価

平成 27 年度は、平成 26 年度に実施した研修のベースを踏襲するとともに平成 26 年度に受講した研修生のアンケート結果や引率の先生方及び評価会合の評価結果を反映、改善したものとした。具体的には、「日程がきつい」、「長時間の移動により疲れる」、「原子力についてもっと知りたい」、「実習や視察などの時間を長くしてほしい」などの意見を反映し、平成 26 年度に実施した敦賀地区での研修及び三菱重工業神戸造船所の視察を変更した。平成 27 年度では、研修拠点を当社東海総合研修センターに絞り、メーカー視察先は首都圏にあってロボットも原子力も学習できる東芝磯子エンジニアリングセンター（横浜市）とし、原子力緊急事態支援におけるロボット技術の活用としては、東京電力福島第一原子力発電所事故時に派遣された東京消防庁第六消防方面本部消防救助機動部隊を訪問し施設を視察するとともに、技術者や消防／救助隊員との意見交換を実施した。これにより実習・視察・発表準備時間なども含め時間的・日程的に余裕を持たせることができた。

(5) ロボット技術に関するマルチメディア教材の製作・活用

原子力発電所をフィールドとして、ロボット技術の観点から、原子力とロボットの関わり、ロボットの適用にあたり考慮すべき原子力発電システムの特徴と原子力発電所の運用、課題などの概要について、製作したマルチメディア教材を活用しつつ紹介、解説した。講義の中で動画を取り入れたことで、より理解が深まったものとする。また、現場視察の代用となり、研修の移動に要する時間・費用を削減することができた。

<今後の事業計画・展開>

今後とも、原子力を取り巻く環境や課題、原子力技術やロボット技術の状況等を反映し、研修内容が時宜に適切、学生にとって魅力的なものとなるよう努める。また、製作したマルチメディアは、学校での学習や他の研修機会で活用する。

<整備した設備・機器>

なし。

<その他特記すべき事項>

なし。

<参考資料>

(1) 添付資料

- 1) 原子力産業分野におけるロボット技術の活用「原子力施設とその運用」
《ロボットと原子力発電の関わり及び原子力発電所の運用について》
- 2) 原子力産業分野におけるロボット技術に関するマルチメディア教材（日本語版）

(2) 事業成果の公開事例、関連する文献

- 1) 平成 26 年度「原子力人材育成ネットワーク」報告会（平成 27 年 2 月 16 日）
- 2) 文部科学省科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 原子力人材育成作業部会（第 5 回）（平成 28 年 3 月 17 日）

評価項目に係る事項について

①課題の達成度（採択時の審査評価委員会所見への対応を含む。）	<p>ロボット技術については、原子力産業分野においても重要性が高まっており、現場経験を生かした最新技術や、社会のニーズ、活用の実績等について学ぶ機会を提供することは重要であり、受講生に対して、原子力分野におけるロボット技術の重要性や将来性への理解を促し、将来的に原子力分野に進学する人材や原子力事業へ従事する契機としての場を提供することができた。実施にあたっては、受講生が意欲をもって研修に取り組めるよう課題設定やカリキュラムの内容などに工夫した。</p> <p>マルチメディア教材の製作に関しては、外注範囲を見直し、2割減の費用で製作した。</p>
②特記すべき成果	<p>本研修にて、複数の工業高等専門学校との接点ができ、工業高等専門学校機構とのつながりを持つことができた。これにより、学校側の個別のニーズにより、原子力関係の研修依頼を受けている。今後更なる教育機会の拡大が期待できる。</p>
③事業の継続状況・定着状況	<p>本研修のカリキュラム作成のノウハウや作成したテキスト、マルチメディアは、他の学生向け研修でも活用している。また、マルチメディアは、社会人向けの廃止措置研修でも活用しており、今後海外実務者研修等で紹介する予定。</p>
④成果の公開・共有の状況	<p>原子力人材育成ネットワーク、文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会 原子力人材育成作業部会での報告及び学校関係者との面談の際に、本研修の意義や成果について紹介している。</p>
⑤参加した学生数、原子力関係機関への就職状況、公的資格取得者数	<p>大学や工業高等専門学校の先生方からは、研修への参加をきっかけに原子力関係に興味を持ち、進学や就職を目指す学生がいるとの報告を得ている。</p>