

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
「国立高等専門学校における原子力基礎工学分野での教育システムの確立」

〈実施機関〉

独立行政法人国立高等専門学校機構

〈連携機関〉

国立大学法人 長岡技術科学大学

〈実施期間・交付額〉

26年度14,824千円、27年度12,903千円、28年度10,612千円

〈当初計画〉

1. 目的・背景

国立高等専門学校（以下、「高専」という。）では実践的で開発型の技術者育成を行っており、結果として就職後に原子力関連をはじめとした電力業務を担当する者が多く存在する。しかし、原子力を冠した専門学科が設置されていないことから、原子力に関する教育が体系的に整備されていない。そのため、平成23年度から文部科学省の補助事業である原子力人材育成事業（以下、「従来事業」という。）を実施し、33校の高専が、長岡技術科学大学（以下、「長岡技科大」という。）と連携し、原子力・放射線関連の講義や実験・実習・インターンシップを通じて、実際の体験を含む研修の場を高専生に提供してきた。

本事業は、これら従来事業における成果・知見を効果的に生かし、継続すべき部分は継続することで、独立行政法人国立高等専門学校機構（以下、「高専機構」という。）の実施する機構全体のプロジェクトとして、51校の全ての高専において展開するものである。

2. 実施計画

全国51高専や連携機関関係者の参加する実行委員会において、実施内容について確認・意見交換を行う。その結果を踏まえ、原子力関連実習・インターンシップや、全国立高専キャンパスを接続可能なTV講義システムを用いた原子力・放射線に関する基礎的な講義を行う。高専での授業における活用を目指し、平成23年度～平成25年度の事業によって開発した和文テキスト「基礎原子力工学」の一部を英訳するとともに、統一的な学生実験テキストを開発する。さらに、希望高専でポケット線量計やシンチレーションサーベイメータによる測定を行うとともに、卒業研究等で学生に本分野の内容に取り組ませる。成果はフォーラムによって共有し、また外部評価委員会での評価を受ける。

(1) 実行委員会

本事業に参加する51高専や連携機関・協力機関に実施内容を説明するほか、参加高専や参加機関とより効果的な教育の実施について情報および認識を共有する。

(2) 原子力関連実習・インターンシップの実施

長岡技科大、日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）、富山高専、松江高専、福島高専において高専生対象の実習・インターンシップを実施する。

(3) 遠隔履修型原子力関連科目教育の導入とその試行並びに教育コンテンツの利活用

高専全体として原子力関連科目（「基礎原子力工学」）を開設し、希望する本科生並びに専攻科生を対象として、主に休日や夕方・夜間の時間を活用し、遠隔 TV 講義を複数回配信する。本講義の参加者から選抜した学生を対象に、原子力機構（東海）において3日間の研修（集中講義・見学・実習）を実施することにより、体系的に一貫性のある教育を行う。

- (4) 原子力関連テキストの英訳及び統一的な学生実験テキストの開発
従来事業で開発した和文テキストの基礎的な部分を英訳し、各高専における物理、応用物理、工業英語等の授業で使用することを目指す。また、各高専の学生実験で実施することが可能な学生実験テキストの開発を行う。
- (5) 参加高専で実施する原子力関連卒業研究・特別研究等の連携事業の実施
実施可能な高専で、原子力・放射線関連の卒業研究・特別研究に取り組む。ポケット線量計、シンチレーションサーベイメータによる測定を行う。
- (6) フォーラム
各年度の成果を共有するとともに、基調講演等により今後の人材育成事業の指針を得る。また、卒研・特研の成果を学生に発表させ、情報交換を行う。
- (7) 評価委員会
外部評価委員から評価を受け、高専機構の行う原子力人材育成事業に反映させる。

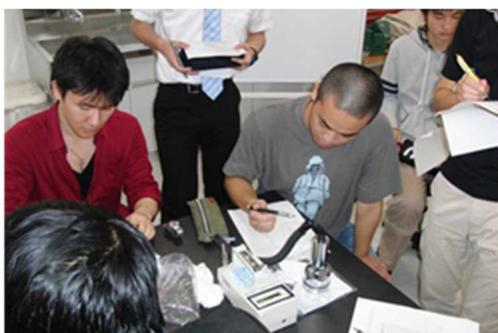
〈実施状況〉

高専生対象の実習・インターンシップを実施した。その際、九州電力川内原子力発電所の再稼働に合わせ、平成27年度からは実習場所を松江高専から鹿児島高専に変更した。また、TV会議システムを用いる基礎的な講義を新たに開始するとともに、英文テキストおよび統一的な実験テキストを開発して配布した。ポケット線量計、シンチレーションサーベイメータによる測定および5年生、専攻科生による卒業研究・特別研究を実施し、学生の行った研究の内容をフォーラムで発表させ、連携を促した。評価委員会を開催し、事業の評価を受けるとともに今後の方向性についてご意見を頂いた。

- (1) 実行委員会
各年度の事業開始時に実行委員会を開催し、状況共有および進め方に関する意見交換を行った。本事業では全ての年度の実行委員会をTV会議化し、効率的な運営を行った。
- (2) 原子力関連実習・インターンシップの実施
以下の実習を平成26年度は3月、平成27年度、平成28年度は8月～9月に行った。

(ア) 長岡技科大におけるインターンシップ

基礎的な講義、加速器関係や放射線計測関係の実習、東京電力柏崎刈羽原発の見学を組み合わせ、1週間の日程で実習を行った。



長岡技科大における放射線計測実習
サーベイメータと密封線源を用い、放射線計測の原理を学んだ。



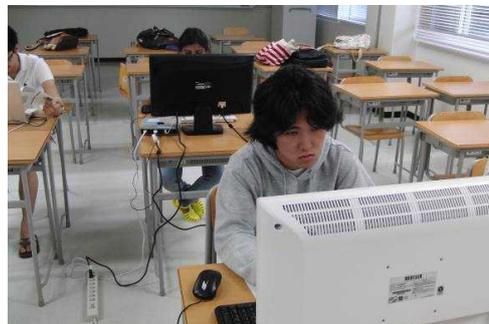
長岡技科大における見学の様子
長岡技科大の電子線加速器を見学し、放射線応用について学んだ。

(イ) (a) 富山高専での実習

放射線計測および放射線シミュレーションに関する実習を行った。非破壊検査に関する外部講師による実習もあわせて実施した。(3日間)



富山高専における放射線計測実習
Ge 半導体検出器による環境放射線計測によりバックグラウンド放射線について理解させた。



富山高専におけるシミュレーション実習
シミュレーションコード：GEANT4 による放射線シミュレーションにより、放射線と物質の相互作用について学んだ。

(イ) (b) 福島高専での実習

被災地の線量率測定や材料関係の実習に加え、福島の立地を生かし、食品放射能測定、核燃料サイクルと放射性廃棄物や福島における環境回復活動に関し、講義・実習を行った。福島第二原発見学も実施した。(3日間)



福島高専における実習
福島第二原発を見学し、プラントの仕組みや 1F 事故の原因等を学んだ。



福島高専における実習
放射線モニタリング車に関して説明を受け、放射線量分布測定を行った。

(イ) (c) 松江高専(平成26年度)、鹿児島高専(平成27年度～28年度)での実習

原子力安全に関連した講義・実習等を実施するとともに、防災まちづくりワークショップを開催し、防災対策に関する新たな知識を習得させた。新しい規制基準に基づく最初の再稼働例となった川内原子力発電所の見学を行った。(3日間)



鹿児島高専における実習
防災まちづくりワークショップにより、防災対策について学んだ。



鹿児島高専における実習
霧島市で放射線量測定を行った。

(ウ) 原子力機構における実習

原子力機構（大洗）において、原子力関連の講義や、常陽、HTTR 等による実習を行った。また、NEAT、オフサイトセンター等の見学を行った。（平成26年度、平成27年度に1週間）



原子力機構（大洗）における実習
常陽・運転訓練シミュレータを用い、
原子炉の運転・制御について学んだ。

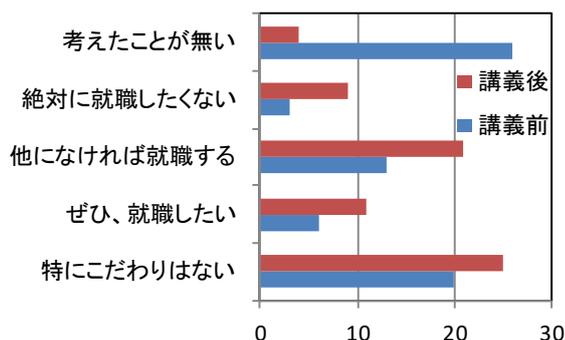


原子力機構（大洗）における実習
オフサイトセンター等を見学し、原子
力関連施設の概要を学んだ。

(3) 遠隔履修型原子力関連科目教育の導入とその試行並びに教育コンテンツの利活用

遠隔 TV 講義システムを利用して、遠隔履修型原子力関連科目教育を実施した（実施時期・回数：平成26年度：平成26年10月～平成27年1月に9回、平成27年度：平成27年5月～平成28年1月に15回、平成28年度：平成27年4月～平成27年7月に7回、全参加学生数3215人（延数））。また、学生に集中力を維持させるとともに理解を深めさせることを目的に、平成27年度からは講義途中あるいは講義終了後にリアルタイムアンケートシステムを用いて学生の意識調査や簡単な練習問題を課すなど、新たな試みを行った。

加えて一部の学生を対象に、日本原子力研究開発機構（東海）における見学・実習を実施した（実施時期：平成27年3月、平成28年3月、平成28年8月）



TV 講義の際のアンケート結果の例
放射線基礎に関する TV 講義前後の原子力分野への就職に関する意識調査の結果



原子力機構（東海）での中性子実習
各年度の TV 講義を全履修した学生を対象に原子力機構（東海）で3日間の実習を行った。

(4) 原子力関連テキストの英訳及び統一的な学生実験テキストの開発

和文テキストの基礎的な部分を英訳し、英文テキスト「Introduction to Nuclear Technology」を作成した。内容は①原子力プラントの基礎、②放射線の特性および放

射線と物質の相互作用、③放射線の生物影響、④放射線計測とした。また、①GM カウンターの使用方法と統計誤差・放射線遮蔽、②統計解析ツール (ROOT) を用いた実験データ解析、③市販組立型シンチレーション検出器による実験を内容とする、統一的な学生実験テキストを開発した。

(5) 参加高専で実施する原子力関連卒業研究・特別研究等の連携事業の実施

各高専において、原子力・放射線関係の内容に関し、卒業研究・特別研究を行った。40 個程度のポケット線量計を各高専で巡回させ、物理実験等の低学年科目で、学生に1 週間の継続測定を行わせた。また、シンチレーションサーベイメータによる測定を継続的に行った。

(6) フォーラム

参加高専学生及び担当教員が集まり、各年度の成果を共有するフォーラムを開催した。基調講演等を行うとともに、卒研・特研の成果について情報共有した。(実施時期：平成27年3月、平成28年3月、平成28年度12月、参加学生：のべ156名。)

(7) 評価委員会

毎年度5名の外部評価委員にお集まり願ひ、実施内容に対して評価を受けた。(実施時期：平成27年3月、平成28年3月、平成29年1月。)

表 1. 育成対象及び人数 (結果) (全て延べ人数)

実施項目	実施プログラム	育成対象者	育成人数 (人)		
			26年度	27年度	28年度
(1) 実行委員会	概要説明、質疑応答	担当教職員が出席	—	—	—
(2) 原子力関連実習・インターンシップの実施	長岡技科大インターンシップ	高専生	12	18	24
	原子力機構(大洗)実習	高専生	18	18	— (実施せず)
	富山高専実習	高専生	11	11	11
	福島高専実習	高専生	8	7	13
	松江高専・鹿児島高専実習	高専生	13 (松江)	6 (鹿児島)	9 (鹿児島)
(3) 遠隔履修型原子力関連科目教育の導入とその試行並びに教育コンテンツの利活用	TV 講義	高専生	957	1,511	747
	原子力機構(大洗)実習	高専生 (各年度 TV 講義全履修者のみ)	5	8	6
(4) 原子力関連テキストの英訳及び統一的な学生実験テキストの開発	テキスト作成および試用	高専生	—	—	— (調査なし)
(5) 参加高専で実施する原子力関連卒業	ポケット線量計測定	高専生 (主に下級生)	777	750	726

研究・特別研究等の連携事業	サーベイメータ測定	高専生	— (データなし)	83	93
	卒研・特研	高専生 (本科5年生、専攻科生)	78	68	99
(6) フォーラム	フォーラムでの講演聴講およびポスター発表	高専生 (本科5年生、専攻科生)	20	22	30
参加人数(実績)			1,899	2,502	1,758
(参考指標) 交付額/参加人数			8.9 千円/人	5.2 千円/人	6.0 千円/人

表2. 実施スケジュール(結果)

項目	26年度 (四半期毎)				27年度 (四半期毎)				28年度 (四半期毎)			
① 実行委員会			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
② 原子力関連実習・インターンシップの実施			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
③ 遠隔履修型原子力関連科目教育の導入とその試行並びに教育コンテンツの利活用			←→ <input type="checkbox"/>		←→		<input type="checkbox"/>		←→ <input type="checkbox"/>			
④ 原子力関連テキストの英訳及び統一的な学生実験テキストの開発			←→		←→		←→		←→		←→	
⑤ 参加高専で実施する原子力関連卒業研究・特別研究等の連携事業			←→		←→		←→		←→		←→	
⑥ フォーラム			<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
⑦ 評価委員会			<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>

〈成果と評価〉

実施計画に概ね沿った内容の人材育成事業を行った。各実施内容の成果は以下の通りである。

(1) 実行委員会

各高専担当者に対して実施内容を説明するとともに、学生派遣事業における事務手続きについて説明した。本実行委員会の開催により、実施内容に関する情報および認識が共有され、事業を円滑に進めることができた。また、実行委員会はTV講義システムにより行い、経費の節減とともにできるだけ多くの担当者が参加できるよう促した。

(2) 原子力関連実習・インターンシップの実施

申請時に予定した派遣型実習を計画通りに実施した。各高専での講義や本事業によるTV講義では経験できない内容の実習や見学が行われ、参加学生によるアンケート結果においても、有意義であったとの回答がほとんどであった。

(3) 遠隔履修型原子力関連科目教育の導入とその試行並びに教育コンテンツの利活用

本事業からの新しい試みとして、希望高専の各キャンパスをTV会議システムによって接続し、大学・研究所の教員・研究者による講義を配信した。学生によるアンケートでは、実施前後で理解が深まっている様子が見られた。また、普段受講の機会のない大学教員等による原子力関係の講義を聴講できたことに対し、良好なコメントが得られた。課題としては、ごくまれにはあるがTV会議システムにハウリングによる不具合が発生し、日程変更を余儀なくされたことが挙げられる。円滑な実施に向け、原因調査・対策を行い、後半にはそのような問題が発生しなくなった。

また、平成27年度から実施したリアルタイムアンケートシステムシステムによる双方向化の取り組みも、学生の集中力維持において有効であった。さらに、Rubricsによる学生の自己評価も取り入れており、新しい取り組みとして特記に値すると考えている。

(4) 原子力関連テキストの英訳及び統一的な学生実験テキストの開発

これまで整備されていなかった原子力分野の高専生向け英文テキストを開発した。完成までに時間を要したため、本事業期間では希望高専による試用にとどまった点が課題としてあげられる。しかし、試用した高専では、高学年の講義「工業英語」における活用が有効であったとのコメントがあり、今後、さらに活用を促す。

(5) 原子力関連テキストの英訳及び統一的な学生実験テキストの開発

ポケット線量計測定は低学年の物理実験等で実施し、バックグラウンド放射線の理解に有益である、とのコメントを物理実験担当者等から得ている。しかし本事業では、測定に関する説明方法について支援していなかったため、今後の事業では担当教員に指導マニュアルを提供することを検討する。シンチレーションサーベイメータによる測定では、福島高専（いわき）以外の場所の線量率に変化がない一方で福島高専内の線量率が徐々に下がってきている様子が顕著に測定された。福島第一原発事故の影響や、放射性物質の半減期について理解させる上で有益なデータが得られた。本科5年生の卒業研究、専攻科生の特別研究では、各高専がそれぞれのレベルに合わせて研究を実施した。

(6) フォーラム

フォーラムでの基調講演は原産協会、メーカー等の方にお願ひし、わが国における原子力の位置づけや重要性について、参加学生、教職員に理解を促した。また、(5)の卒業研究・特別研究の取り組みを学生が紹介しあうことで、当該分野の研究・教育の連携に向け、検討が行われた。

(7) 評価委員会

評価委員から、当初の計画通りに進んでいることを評価するコメントを頂いた。特に、51高専全てを対象として事業を実施したこと、TV 講義により実践的で開発能力も持った原子力分野の専門技術者を育成する環境が整備されたことが評価された。実習・インターンシップ参加学生のアンケートにおいて、学生の満足度が高かったことが評価された。改善すべき点としては、①今後の継続・定着を求める点、②当該分野に関する教員の知識・能力レベルの向上に期待する点、③参加学生の進路選択において原子力関連産業および関連する大学・大学院の割合が増加することが望まれる点、の3点が挙げられた。

(8) その他（評価項目に係る事項に対する考察 等）

全国51高専を対象として実施したことで、表1に示すように多くの学生が参加した。今後の事業においても、幅広く高専生に学習の機会を提供するように努めたい。

〈今後の事業計画・展開〉

本事業の内容に関するアンケート結果および評価委員会コメントを踏まえ、今後は次のような点で内容の改善や新規事業の実施を行う。

(1) キャリアパスを意識させた実習の実施

本事業で実施した実習内容に対する学生の評価は高かった一方で、メーカー、電力会社等の産業界との連携がやや弱いとのコメントが担当教員から寄せられていた。そこで、今後の事業においては、メーカーや電力会社の実習受け入れを依頼し、従来にも増して卒業・修了後の進路選択の参考となるように努める。

(2) e-Learning 教材の開発

本事業の原子力関係 TV 講義においても学生に貴重な学習の機会を提供できた。しかし、講義終了後にさらに理解を深めさせるには、学生が自由に練習問題を解く機会を設けることが必要と考えられる。そこで、今後は講義動画と練習問題を合わせた、高専生向け e-Learning 教材を開発する予定である。

〈整備した設備・機器〉

(1) 密封中性子源 (252Cf、表示付き認証機器) (平成26年度整備、約0.91百万円)

富山高専で実施した放射線計測実験において中性子と物質の相互作用およびその測定方法を理解させるために使用した。

(2) γ 線・中性子線検出器 (平成26年度整備、約0.48百万円)

富山高専で実施した放射線計測実験において中性子と物質の相互作用およびその測定方法を理解させるために使用した。

(3) 中性子遮蔽箱 (ポリエチレン遮蔽ボックス) (平成26年度整備、約0.53百万円)

富山高専に整備した 252Cf 中性子源を保管するために使用した。

(4) インバーターチャラー (平成26年度整備、約0.92百万円)

福島高専での実習の中で高温引張試験を実施するに当たり、電気炉の冷却のために使用した。

〈その他特記すべき事項〉

平成22年度のフィージビリティスタディとしての採択から開始し、高専機構として文科省原子力人材育成事業を下のように7年間、継続して実施してきた。

- ・平成22年度
「機関連携による実践的原子力基礎技術者育成のフィージビリティスタディの実施」
- ・平成23年度～平成25年度
「機関連携による防災・安全教育を重視した実践的原子力基礎技術者育成の実施」
- ・平成26年度～平成28年度
「国立高等専門学校における原子力基礎工学分野での教育システムの確立」

実施内容は高専機構内で定着し、本事業で人材育成対象となった富山高専学生が原子力機構に就職し、入社式で挨拶をするなど期待されている。また本事業育成対象であった香川高専学生は、日本から数名の学生のみが選ばれたノーベル賞授賞式派遣学生となった。もともと各学生の素養が高かったこともあるが、本事業による人材育成の成果の一つと考えている。

また、電気新聞の実施する「エネルギー教育賞」において、次の賞を得た。

- ・第8回エネルギー教育賞特別賞（平成25年度、高専機構として受賞）
- ・第10回エネルギー教育賞最優秀賞（平成27年度、実施内容を含む形で富山高専が受賞）

さらに、取り組みの結果として高専における原子力・放射線関連研究にも評価を頂き、平成25年度からは日本原子力学会フェロー賞が高専・専攻科修了生も対象となった。

<参考資料>

- (1) 添付資料
 - 1) 英文テキスト表紙＋目次
 - 2) 高専機構 H26-H28_3年分事業概要説明（評価委員会説明資料、平成29年1月）
 - 3) 高専機構：就職状況一覧
- (2) 事業成果の公開事例、関連する文献
 - 1) 日本原子力学会誌：「国立高専における原子力人材育成について」(Vol. 57、Np9、2015)
 - 2) IEEE 2015 IEEE 7th International Conference on Engineering Education (ICEED)：” Nuclear Human research development in National Institutes of Technology” (2015)

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>TV 講義、実習など計画通りに実施でき、概ね当初予定通りの成果を上げられたと考えている。</p> <p>採択時のコメントにあった、実習に用いる設備等に関する経費削減については、実施内容も踏まえて可能な限り検討したが、従来の高専では実施不可能な中性子関係の実習を行うためには必須と考え調達した。</p>																																									
②特記すべき成果	<p>TV 会議システムで希望高専を結んで行う講義は、高専内では他分野を含めて初めての試みであった。本事業内容が高専内での TV 講義システムを用いる遠隔教育の先鞭となった。</p>																																									
③事業の継続状況・定着状況	<p>平成 29 年度に採択された課題に継続し、さらに内容を高度にする方向で実施中である。高専機構における原子力人材育成事業は機構内で定着している。</p>																																									
④成果の公開・共有の状況	<p>日本原子力学会誌への投稿や米国 IEEE の会合での発表を通じ、積極的に成果の公開を行っている。また、日本原子力学会年会・大会の教育委員会企画セッションにおいても、積極的に実施内容を報告している。</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>本科生および専攻科生の原子力関連産業への就職状況は下の通りである。企業就職者数は参考資料 3) の通り。</p> <table border="1" data-bbox="678 1417 1522 1715"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">本科</th> <th colspan="2">専攻科</th> <th colspan="2">合計</th> </tr> <tr> <th>全体</th> <th>原子力関係^{*1)}</th> <th>全体</th> <th>原子力関係</th> <th>全体</th> <th>原子力関係</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H26</td> <td>5,073</td> <td>426</td> <td>889</td> <td>44</td> <td>5,962</td> <td>470</td> </tr> <tr> <td>H27</td> <td>5,006</td> <td>377</td> <td>906</td> <td>41</td> <td>5,912</td> <td>418</td> </tr> <tr> <td>H28</td> <td>5,137</td> <td>377</td> <td>811</td> <td>51</td> <td>5,948</td> <td>428</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>15,216</td> <td>1,180</td> <td>2,606</td> <td>136</td> <td>17,822</td> <td>1,316</td> </tr> </tbody> </table> <p>[*] 原子力関係とは、原子力に関連する業務を行う企業であり、入社後に原子力関係業務に従事しているかどうかは調査していない。</p>		本科		専攻科		合計		全体	原子力関係 ^{*1)}	全体	原子力関係	全体	原子力関係	H26	5,073	426	889	44	5,962	470	H27	5,006	377	906	41	5,912	418	H28	5,137	377	811	51	5,948	428	合計	15,216	1,180	2,606	136	17,822	1,316
	本科		専攻科		合計																																					
	全体	原子力関係 ^{*1)}	全体	原子力関係	全体	原子力関係																																				
H26	5,073	426	889	44	5,962	470																																				
H27	5,006	377	906	41	5,912	418																																				
H28	5,137	377	811	51	5,948	428																																				
合計	15,216	1,180	2,606	136	17,822	1,316																																				