

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「放射線利用施設を用いた実践的原子力技術者育成の高専・大学一貫教育」

<実施機関>

長岡技術科学大学工学部原子力システム安全工学専攻

<連携機関>

福島工業高等専門学校、茨城工業高等専門学校、富山高等専門学校、(国)日本原子力研究開発機構、福島県広野町

<実施期間・交付額>

25年度9,338千円、26年度14,241千円、27年度10,152千円

<当初計画>

1. 目的・背景

高等専門学校(高専)は、我が国の工業を支える多くの技術者を供給し続けており、原子力の分野もその例外ではない。高専においても原子力に関わる教育を行っている。しかしながら、高専には専門の学科もなく、放射性物質を取り扱える施設もほとんど無いのが現状である。ところで、本学は高専と連続した教育を実施しており、高専との繋がりが極めて濃厚であり、大学院に原子力システム安全工学専攻を設置し、専門教育を行っており、放射性物質を取り扱うことができるラジオアイソトープセンター(以下「RIセンター」という)や日本最高出力のパルス放射線発生装置が設置されている極限エネルギー密度工学研究センター(以下「極限センター」という)も保有している。実践的な原子力技術者の養成では、座学だけでなく、実際に放射性物質・核燃料物質、放射線を用いて、測定技術、取扱技術を学ぶことが重要である。しかしながら、そのような教育を実施している教育機関は極めて少数である。提案する事業では、実践的な原子力技術者を養成するため、高専4・5年生および本学1・2年生、高専専攻科生および本学3・4年生、本学大学院修士課程の原子力システム安全工学専攻の学生を対象とし、本学のRIセンター及び極限センターを利用し、実際に放射性物質や核燃料物質を用いた教育を実施により、実践的な原子力技術者を養成することを目的としている。

また、本事業では福島県内の除染現場や廃棄物仮置場を見学すると共に環境放射線測定フィールド実習を行うことにより、高専生及び国立大学法人長岡技術科学大学の学生に学習の動機付けを与えると共に原子力への使命感を持たせる。

更に、本事業によって、本学RIセンターの整備がより進むことが予想される。本学RIセンターや極限センターを高専に開放し、共同利用を進めることにより、より高度な原子力技術者養成に資することも目的としている。

2. 実施計画

本事業では、高専および長岡技大での学年の進展段階に応じて以下のような事業を実施する。

(1) 原子力工学の基礎教育

高専4・5年生および学部1・2年生を対象として、実施するものである。ただし、高専専攻科生が受講することは拒まない。まず、原子力を専門としていないこれらの学生に原子力に興味を持って貰うことが本事業の目的である。そのための座学と実習を実施する。座学では、原子力工学の基礎と原子力および放射線応用を学ぶための講義を行う。特に座学では原子力分野に興味を持たせ原子力の将来性を認識してもらうと共に、原子力発電所の運転により発生する高レベル放射性廃棄物や低レベル廃棄物、福島事故で発生する廃棄物の処理・処分や廃炉に関わる講義も実施して課題認識も行う。

実習ではできるだけ多くの高専生に参加してもらうためいくつかのプログラムを設ける。具体的には以下の通りである。

- (1) 自然放射能測定実習
 - (2) 除染廃棄物を想定した分析/解析実習
 - (3) 線量測定フィルムを用いた放射線測定実習
 - (4) 燃焼コードを利用した放射性核種蓄積演習
 - (5) その他プログラム
- (2) 核燃料物質を用いた実践的教育
高専専攻科および学部3・4年生を対象として、実施するもので、比較的線量の低い、天然ウランを用いて、ウランの取扱やウランに含まれる短半減期娘核種を用いた実習を行う。本事業では、核燃料取扱事業で用いられる精製技術を実験レベルではあるが体験させ、原子力事業の一端を学ばせる。
- (3) 放射性物質を利用した実践的教育
大学院生を対象に、トランスウラニウム核種(TRU)と模擬核分裂核種(模擬FP)を用いて抽出・分離試験を行い、本格的なRI試験を体験させることにより、RI取扱の実際と安全管理について習得させると共に、高レベル放射性廃棄物の処理方法に関する群分離技術を疑似体験させることにより、高レベル放射性廃棄物に関する理解を深める。
- (4) 福島フィールド実習
高専生及び長岡技大生に原子力が一度事故を起こすと如何に甚大な被害を与えるのかを実感してもらい、原子力に携わることの責任の重大さと原子力安全を支えるための仕事が如何に重要であるかを認識してもらって、学習の動機付けを与える。そのため、福島県内の除染現場や廃棄物仮置場を見学すると共に環境放射線測定のフィールド実習を行う。放射線測定は空間線量のほか、 β (γ)線用GMサーベイメータを使用して、コリメータによる遮蔽、地表面にアクリル板を敷き β 線を遮蔽した測定実習を行い、放射性セシウムへの理解を深める。
- (5) RIセンターおよび極限センターを用いた高専共同利用
(1)～(3)の事業を通して、整備された本学RIセンターおよび極限センターを高専に開放し、高専本科生および専攻科生の卒業研究等に利用していただくことにより、より専門性の高い高度な放射線取扱技術を持った技術者を輩出する

<実施状況>

以下に各事業内容に関して実施状況を示す。

(1) 原子力工学の基礎教育

原子力工学の基礎教育は、平成25年度は1月から事業実施のため平成26年度から実施している。座学と実習で構成しており、座学は原子力工学の基礎と原子力および放射線応用の講義、高レベル放射性廃棄物や低レベル廃棄物、福島事故で発生する廃棄物の処理・処分や廃炉、原子力の安全性に関わる講義を行った。講義は集中講義形式で実施している。年度ごとにまとめると以下の通りである。

平成26年度実施結果

講義参加者：10高専23名の高専生 長岡技大生14名
実施期間：平成26年8月18日～22日

平成27年度実施結果

講義参加者：9高専13名の高専生
実施期間：平成27年8月17日～21日

実習では以下のプログラムを実施した。

① 自然放射能測定実習

シンチレーションサーベイメータや整備したGM計数器を用いて自然界における線量と放射能の測定を行った。また、整備したエアサンプラーを用い、空気中の放射性物質を捕集し、ゲルマニウ

ム検出器による γ 線測定を行った。また、整備した $\alpha\beta$ 自動測定装置を用い捕集した放射性物質の放射能が時間と共に減衰することも確認している。これらの実習により、放射線測定の基礎および極身近にも放射性物質が存在することを認識させた。

平成26年度の実施状況

実習参加者：8高専16名の高専生

実施期間：平成26年8月25日～29日

参加した16名の学生を4名ずつの4グループに分けて実施した。

平成27年度の実施状況

実習参加者：4高専9名の高専生

実施期間：平成27年8月24日～28日

参加した9名の学生を3名ずつの3グループに分けて実施した。

② 除染廃棄物を想定した分析/解析実習

環境除染廃棄物を想定した模擬物質を用いた放射線測定および除染実験を実施した。本実習では整備した遮蔽体付シンチレータを用いて微量のCs-137の測定を行った。

平成26年度実施状況

実習参加者：2高専3名の高専生

実施期間：平成26年8月25日～29日

平成27年度の実施状況

実習参加者：2高専3名の高専生

実施期間：平成27年8月24日～28日

③ 線量測定フィルムを用いた放射線測定実習

放射線発生装置を用い、一般的な放射線測定機器では測定が困難なパルス的に発生した放射線を線量測定フィルムで測定する実習を行った。

平成26年度実施状況

実習参加者：長岡技大3名の学部生、3名の大学院生

実施期間：平成26年8月4日～8日

平成27年度実施状況

実習参加者：1高専4名の高専生

実施期間：平成27年8月24日～28日

④ 燃焼計算コードを利用した放射性核種蓄積演習

燃焼計算コードによる放射性核種蓄積に関する計算実習を実施した。燃焼計算コードを用いた計算の実習を通し、原子炉内でのトランスウラン核種や核分裂生成物の蓄積に関する理解と高レベル放射性廃棄物の処分問題に関する関心を高めた。

平成26年度実施状況

実習参加者：1高専1名の高専生

実施期間：平成26年8月25日～29日

平成27年度実施状況

実習参加者：1高専1名の高専生

実施期間：平成27年8月24日～28日

(2) 核燃料物質を用いた実践的教育

ウラン鉱石を用いたウランの取扱やウランに含まれる短半減期娘核種測定、天然ウランを用いた精製技術の実験体験を行った。また、整備したGMサーベイメータや α 線用のシンチレーションサーベイメータおよび $\alpha\beta$ 自動測定装置を利用したスミア測定などの表面汚染検査などの安全管理に係わる実習を行った。

平成26年実施状況

実習参加者：4高専6名の高専生

実施期間：平成26年8月25日～29日

平成27年度実施状況

実習参加者：2高専3名の高専生

実施期間：平成27年8月24日～28日

(ただし、平成27年度については、希望者が1名と少なかったため、(1)の実習の②の実習と合わせて行っている。)

(3) 放射性物質を利用した実践的教育

トランスウランウム核種(TRU)と模擬核分裂核種(模擬FP)を用いて抽出・分離試験を大学院生のための学生実験として実施した。TRU核種としてAm-241, FPにはSr-85, Cs-137, Eu-152を用いて、相互分離試験を行った。26年度は予備試験を実施し、実習に適した実験プログラムを開発し、試験的に大学院生のTAと共に平成27年3月実習模擬を行った。具体的には、平成27年3月9日から17日まで行っている。平成27年度は、長岡技術科学大学の原子カシステム安全工学専攻の修士1年生の正規の授業である学生実験の一部として実施した。この教育では、本格的なRI試験を大学院生に体験させ、RI取扱の実際と安全管理についても習得させている。整備したGMサーベイメータ、 α 線用サーベイシンチレータ、スミア測定などを行っている。MA分離技術に関しても最先端の分離技術を体験させている。

平成27年の実施状況

実習参加者：長岡技術科学大学原子カシステム安全工学専攻修士1年生15名

実施期間：平成27年4月8日～7月13日(1学期の学生実験で実施)

(4) 福島フィールド実習

福島の実験等の講義、廃棄物仮置場、減容化施設および福島第二発電所の見学を行うと共に環境放射線測定の実習を行った。環境放射線測定の実習では、シンチレーションサーベイメータを用いた空間線量測定、GMサーベイメータを使用した放射能測定を実施した。

平成25年度

実習参加者：18高専37名の高専生、長岡技大学部生3名

実施期間：平成26年3月24日～25日

(平成25年度は応募者が58名いたが、受け入れ側の都合で参加者を40名に制限した。)

平成26年度

実習参加者：8高専13名の高専生、長岡技大学部生3名、大学院生8名

実施期間：平成27年3月3日～5日

平成27年度

実習参加者：7高専16名の高専生、長岡技大学部生4名、大学院生3名

実施期間：平成28年2月28日～3月1日

(5) RIセンターおよび極限センターを用いた高専共同利用

本学の放射線利用施設であるラジオアイソトープセンター、極限エネルギー密度工学研究センター等を高等専門学校の研究グループに共同利用のために供した。

共同利用では、教員のみが参加することも多かったが、その場合でも試料の解析等は学生が実施している場合が多い。また、以下の共同利用の表は旅費を支給したもののみが示してある。高専側が旅費を持っている場合は、本学から旅費を出していない場合がある。そのようなケースは表に示していない。また、表1の育成人数についても、旅費を出していない学生、実際に長岡に来ていない学生の人数は除いている。しかしながら、実際には多くの学生が本プログラムで恩恵をこうむっていることを示しておく。

平成26年度の共同利用

高専名	利用施設	日程	利用者
鹿児島高専	極限センター	① 平成26年6月26日—6月29日	教員
		② 平成26年11月28日—11月28日	教員+学生1名
		③ 平成26年12月25日—12月28日	教員
鶴岡高専	RIセンター	① 平成26年9月22日	教員
		② 平成27年2月23日—2月26日	教員
都城高専	RIセンター	平成27年3月1日—3月7日	教員+学生2名

平成27年度の共同利用

高専名	利用施設	日程	利用者
豊田高専	RIセンター	③ 平成27年5月14日—5月15日	教員
		④ 平成27年6月18日—6月19日	教員
		⑤ 平成28年3月14日—3月15日	教員
鶴岡高専	RIセンター	通年*	教員
鹿児島高専	極限センター	① 平成27年7月10日—7月13日	教員+学生2名
		② 平成27年11月5日—11月9日	教員+学生1名
		③ 平成27年12月23日—12月26日	教員+学生1名
		④ 平成28年2月11日—2月14日	学生1名
福島高専 富山高専 秋田高専	極限センター	① 平成27年12月14日—12月15日	教員2名
		② 平成28年1月27日—1月28日	教員2名
苫小牧高専	極限センター	① 平成27年11月18日—19日	教員1名
阿南高専	極限センター	① 平成27年11月19日—21日	教員1名
長岡高専	極限センター	① 平成27年11月20日	教員1名

*鶴岡高専の教員は、平成28年度は長岡技術科学に交換教員として着ており、平成27年度から実施していた共同利用研究を継続して行っていた。

(6) 運営・評価委員会

本事業を効率よく進めると共に事業内容が高専生にとって有益なものとなっているかを確認する本事業に協力いただいている福島高専、茨城高専、富山高専の先生方に運営・評価委員になっていただき、年1回委員会を開き、ご意見を伺い、そのご意見を参考にして、事業を実施している。実施の日程は、以下のようになっている。

平成25年度 平成26年2月27日

平成26年度 平成27年1月29日

平成27年度 平成28年1月18日

また、実施場所は長岡技大である。



原子力工学の基礎教育・座学の風景。
原子力工学の基礎教育で座学を実施
している様子。



原子力工学の基礎教育・実習の風景。
放射線発生装置を用いて実習を実施
している様子。



福島フィールド実習
福島第二発電所の視察風景



福島フィールド実習
除染廃棄物の仮置き場視察風景

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
1) 原子力工学の基礎教育	① 原子力の基礎、原子力と放射線の応用等の講義	高専4・5年生 学部1・2年生		37名	13名
	② 放射線発生装置、天然放射線等を用いた実習	高専4・5年生 学部1・2年生		26名	17名
2) 核燃料物質を用いた実践的教育	天然ウランを用いた実験実習	高専専攻科 学部3・4年生		6名	(3名) 1) ②の内数
3) 放射性物質を利用した実践的教育	TRU 核種及び模擬核分裂生成物核種を用いた実験実習	大学院生			15名
4) 福島フィールド実習	福島県内の除染現場、廃棄物仮置場、および福島第二発電所の見学 環境放射線測定 のフィールド実習	高専4・5年生、専攻科生 長岡技大生	40名	24名	23名
5) RIセンターおよび極限センターを用いた高専共同利用研修	国立大学法人長岡技術科学大学の放射線取扱施設を用いた共同利用による高度な専門教育の実施	高専4・5年生および専攻科生		3名	5名
参加人数（実績）			40名	96名	73名
（参考指標） 交付額/参加人数			233千円 /人	148千円 /人	139千円 /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 原子力工学の基礎教育施						□					□	
② 核燃料物質を用いた実践的教育						□					□	
③ 放射性物質を利用した実践的教育										↔		
④ 福島フィールド実習				□				□				□
⑤ RIセンターおよび極限センターを用いた高専共同利用												

＜成果と評価＞

以下に実施項目ごとの成果と評価を示す。

(1) 原子力工学の基礎教育

座学、実習ともに参加者数は概ね予想通りであったが、実施初年度よりも2回目の人数が減っているのは残念であった。座学において、人数が減っているのは1つには高専生向けの講義と長岡技大の学部生向けの講義を別にしたことにより、長岡技大の学部生の参加がなくなったことが大きい。また、座学・実習共に高専生から見ると、高専で課せられているインターンシップの対象としていることが多く、旅費が支給されることが学生にとって魅力の一つであったようであるが、どのようなもの（旅費が支給されるセミナー・実習等）が増加したことにより、相対的な魅力の低下があったようである。ただし、本基礎教育に参加した学生のアンケート結果からは、受講者には概ね公表であり、原子力の関心、知識とも高まったという回答が多く、原子力分野を就職先に考えたいかという問いに関しても過半数が就職先に考えたことの回答をしており、効果は高かったと考えている。平成27年度は、東京電力・柏崎刈羽原子力発電所副所長の講義を行っているが、受験生から実際の発電所にかかわっている方から話が聞けて良かったとの意見が多数あった。また、参加した高専生の中には原子力業界への就職が決まっており、勉強をしたかったので参加したという学生が居たことを記しておく。

(2) 核燃料物質を用いた実践的教育

本件については、参加希望者があまり多くなかった。また、高専専攻科生を対象としているが、必ずしも専攻科生の割合が高かったわけではない。高専生から見ると(1)の実習との違いは明確ではなく、テーマの一つとして捕らえられていたようである。ただ、アンケートの結果から、本項目の参加者にとっては好評であった。

(3) 放射性物質を利用した実践的教育

本項目は、平成27年度に本学大学院生の学生実験「原子力システム安全工学特別実験」の一部

として実施することが出来、事業終了後の本年度も続けている。本項目は、原子力業界に就職する本学「原子力システム安全工学専攻」の大学院生に放射性核種を用いることなく就職することがないようにしたいと考えたものであり、全ての専攻の学生が受けなければならない必修科目に盛り込んだことで全ての学生が履修することが出来ている。したがって、十分な成果が達成されたと考えている。

(4) 福島フィールド実習

本項目は、実施施設の関係で人数を調整する必要があったので、学生の参加希望に添えないことがあるなど、参加人数の上でも成功であった。参加者のアンケート結果からも、勉強になり、貴重体験をしたというコメントが多く、好評であった。本項目が、原子力分野に関心を持ち、モチベーションを高めるという観点から実施したことを考えると十分な成果が得られたと言える。

(5) RIセンターおよび極限センターを用いた高専共同利用

共同利用を行っている高専数および共同利用で長岡技大に来学した学生数は1年目から2年目で増加している。教員による打合せや可能性確認が多く、まだ学生の来学数は多くはないが、共同研究に放射線利用施設を開放するという趣旨は十分に果たしていると考えられる。運営・評価委員会にて、高専の先生方から、学生は授業の関係で実際に長岡技大に来学することができるのは期間が限られているとのことであるので、その意味からしても十分な成果を上げたと考えてよいだろう。

(6) その他(評価項目に係る事項に対する考察 等)

別紙1に示した。

<今後の事業計画・展開>

(1) 原子力工学の基礎教育および核燃料物質を用いた実践的教育

長岡技大では、高専生を対象とした様々なプログラムが実施されており、また、益々関連するプログラムが増えている。これらのプログラムの中で本事業を継続実施していく。

(2) 放射性物質を利用した実践的教育

本事業は、大学院原子力システム安全工学専攻の修士1年生を対象とした大学院実験に組み込んだので、今後も正規の授業の一部として実施していく。

(3) 福島フィールド実習

本事業は、福島の実況により依存するが、それでも福島の実況を原子力を学ぶ学生が見ることは重要であると考えている。福島第1のオンサイトの視察も含めたものを現在検討している。

(4) RIセンターおよび極限センターを用いた高専共同利用

長岡技大の放射線管理区域を高専の共同利用のために開放することは、継続していく。今後は、より共同研究を実質化するために、学内外の競争的研究費を活用しながら進める。なお、実際に一部の共同研究に関しては、2年間の実績を元に科研費を獲得し、より発展的なものとしている。

<整備した設備・機器>

(1) α β 自動測定装置 1台 (平成25年度整備、約6百万円)

放射線管理区域の使用前使用後のスミア測定に使用している。また、 α 壊変および β 壊変の放射能を測定できるので、収集した自然放射能の測定にも利用している。

(2) 遮蔽体付シンチレータ 1台 (平成26年度整備、約3百万円)

模擬汚染土壌中の放射能測定およびその除染試験による除染係数評価に活用する。

<その他特記すべき事項>

次の<参考資料>で示したように、国内外で、国内では高専関係者だけでなく、原子力学会等を通じて原子力関連の方々にもアピールしており、海外の研究者にも高専と長岡技大の教育連携と大学院における高度な学生実験についてアピールをしており、別紙1で示したように海外の研究者からも教育内容を高く評価してもらっている。

<参考資料>

(1) 事業成果の公開事例、関連する文献

- 1) 第3回 International GIGAKU Conference in Nagaoka
Tatsuya Suzuki
Continuous Education from KOSEN to NUT for Cultivation of Pragmatical Nuclear Engineers
by using Radioactive Facilities at NUT
The 3rd International GIGAKU Conference in Nagaoka
June 20-22, 2014, Nagaoka, Japan, p.107
- 2) 日本原子力学会「2015年春の年会」
高専における原子力人材育成活動:長岡技科大における高専の原子力人材育成との連携
p. 757
- 3) 日本保全学会誌
長岡技術科学大学における原子力およびシステム安全教育の取り組み
(2015)
- 4) 第3回日中大学間核燃料サイクル学術討論会 (ASNFC 2015)
Tatsuya Suzuki
Continuous Education Program from KOSEN to NUT for Cultivation of Pragmatical Nuclear
Engineers
2015年12月2日(水)~5日(土)
- 5) 2016 原子力システム安全フォーラム
機関横断的な人材育成事業「放射線利用施設を用いた実践的原子力技術者育成の高専・大学
一貫教育」2016年3月18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。）	＜成果と評価＞で示したように、設定した課題は十分に達成されていると考えている。
② 特記すべき成果	＜参考資料＞で示した ASNFC2015 は日中シンポジウムであるが、米露欧の原子力化学の研究者も招待されており、その場で本プログラムの説明を行ったが、専攻の学生全員にマイナーアクチノイドを用いた核種分離の実験を行っていることを紹介したところ、ロシアの研究者から、極めて高度な実験を実施していると驚きを持って再確認されている。
③ 事業の継続状況・定着状況	現在全ての事業は、何らかの形で継続している。＜今後の事業計画・展開＞で示したように、大学院生を対象とした事業は、正規の講義である実験に取り入れるなどの形で着実に進めるようにしている。
④ 成果の公開・共有の状況	＜参考資料＞で示しているように、様々な場で成果を公開すると共に事業のアピールをしている。
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>RI センター等の管理区域の共同利用研究では、旅費を支給したものだけが記入されているが、旅費を支給していないものが4高専5グループ有り、学生も2名ほど参加している。また、学生が来ていない場合でもデータを学生が解析して利用しているケースもあり、例えば、豊田高専では得られたデータをもとに学生が電気学会東海支部で発表したとの報告を受けている。</p> <p>高専生の就職状況については分からないが、長岡技大大学院生が参加した福島フィールド実習に関しては、卒業生は全員、原子力関連分野に就職しており、今年就職予定の学生も全員原子力関連分野を希望している。また、放射性物質を用いた実践的教育は長岡技大の原子力システム安全工学専攻の大学院修士1年の学生に実施しており、就職を希望する学生11名のうち、8名が原子力関連分野への就職を希望している。</p>