

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「廃止措置への取組を当該地域として継続的に支えていくための人材育成事業」

<実施機関>

国立大学法人福島大学 理工学群共生システム理工学類

<連携機関>

国立研究開発法人日本原子力開発機構、コロラド州立大学、スコットランド大学連合環境研究センター

<実施期間・交付額>

28年度16,721千円、29年度14,781千円、30年度10,134千円

<当初計画>

1. 目的・背景

廃止措置への取組を当該地域として継続的に支えていくためには、廃止措置に携わる者だけではなく、福島県の地元を含む幅広い者に対して放射線に関する正しい知識を伝えていくことが重要である。ゆえに本事業では、日本原子力研究開発機構（JAEA）と連携し、本学の幅広い分野の学生に対して、基礎から専門に至る放射線教育プログラムを整備することで、将来、廃止措置への取組を継続的に支えていくことが期待される人材を育成することを目的とする。

2. 実施計画

目的を効率的に達成するために、下記に示す教育プログラムの実施・検証及び連携協議会を計画した。

（1）放射線対策科学専修プログラム

機械・電気・情報・材料・生物・環境等の共生システム理工学類（学類1～3年）の学生を主な対象とし、物理に焦点を当てた放射線教育プログラムを実施する。

（2）放射線管理修得プログラム

共生システム理工学類（学類4年と修士のうち希望者）を主な対象とし、放射線管理に焦点を当てた実習を含む放射線教育プログラムを実施する。

（3）放射線基礎理解プログラム

全学類（学類1～2年）を主な対象とし、基礎的な演示実験と実験機器の科学的仕組みに焦点を当てた放射線教育プログラムを実施する。また、更なる機関横断的な人材育成を目指し、県内の他の高等教育機関での教育にも活用する。

（4）連携協議会の開催

本事業は日本原子力研究開発機構（JAEA）と本学が共同して進めるものであるため、毎年度末に JAEA 理事及び本学学長を含む委員による連携協議会を開催する。

<実施状況>

本事業ではそれぞれの教育プログラムにおいて、特に演示実験を含めた実習などの体験の機会を増やすことにより、廃炉・放射線に関する生きた知識を身につけさせる仕組み作りを行った。また、本事業で作成した廃炉パンフレット等を用いて、地域課題としての廃炉に関心をもたせる工夫を重ねてきた。共同実施機関である JAEA の専門職員による講義や県内に設置されている JAEA センターへの視察などを通して、学内では実感の伴いにくい放射線管理の現状を認識させ、また本学との実質的な教育連携を深めた。

(1) 放射線対策科学専修プログラム

共生システム理工学類 1 年次の必修科目である「共生の科学」を用いて廃炉への関心を高めた上で、2 年次の「物理学実験」において本事業で整備した機器（放射線計数実習装置等）の利用により放射線の基礎を実習的に学ばせるなど、学年進行に配慮した教育プログラムを構築するとともに、1 年次必修科目「基礎実験」でデータの統計的取扱いを学ばせる際の教材として放射線計数値を用いるなど放射線に関わるテーマを意図的に増やす工夫を行った。また放射線実習を目的とした「海外演習」の有効性を高めるための事前指導、放射線測定に興味を持った学生を対象とした「創造工房ゼミ」による放射線計測器開発など、興味・関心が特に高い学生に対する少人数教育も合わせて行った。



「共生の科学」授業風景
配布された廃炉パンフレットを読む学生



「物理学実験」実習風景
放射線計数実習装置による実験



「海外演習」実習風景
非密封線源を用いた実験



JAEA 視察風景
放射線計測用ドローンに興味を持つ学生

(2) 放射線管理修得プログラム

東京電力福島第一・第二原子力発電所の同日訪問し、総合的に廃炉の状況を知ることのできる視察プログラムを構築した。また 3 年次選択必修科目として「放射線科学」を立ち上げ、専門的な知識を身につけさせるとともに、JAEA の専門家による放射線管理の実際などの講義により、放射線取扱主任者資格取得を目指す学生の増加に努めた。



東京電力福島第一原子力発電所視察風景
バスから事故建屋を見学する学生



東京電力福島第二原子力発電所視察風景
原子炉底部で説明を受ける学生



「放射線科学」授業風景
JAEA 職員による放射線管理の講義



放射線取扱主任者試験合格者集合写真
合格証を手にした学生（平成 30 年度）

（３）放射線基礎理解プログラム

文系学生も履修する「災害復興支援学」において福島で進められている放射線教育の紹介をし、更に霧箱や放射線計数実習装置による演示実験を行うことで、特に放射線防護 3 原則への理解を深める授業を作成した。また教員免許（中高理科）取得のための「理科授業研究」では放射線に関わる実験授業の授業案作成ができる能力を身につけさせるとともに、廃棄物をおく地域の選定に関してどのような難しさと合意形成の方法があるかを体験させる実習も合わせて行った。更に県内の他の高等教育機関への波及効果を高めるために、看護学校での放射線実習授業を行った。



「災害復興支援学」授業風景
演示実験による霧箱の観察



「災害復興支援学」授業風景
演示実験を用いた放射線防護の 3 原則の説明



「理科授業研究」授業風景
合意形成方法の授業案作成に取り組む学生



看護学校での放射線授業風景
放射線防護の 3 原則の実習

(4) 連携協議会の開催

事業期間の各年度末に本学および JAEA の執行部をメンバーとした連携協議会を開催し、本事業の実施内容を説明した上で、その評価と今後の教育連携強化について議論を行った。



連携協議会開催風景

プレゼンテーション後に JAEA 理事からのコメントを受けている様子

表 1. 育成対象及び人数（結果）

実施項目	対象とする人材	各年度に育成する人数（想定数）			合計
		28年度	29年度	30年度	
1)線対策科学専修プログラム	本学の理工系学生を対象とし、廃炉支援を支える技術を志向し、 放射線の体系的理解 を希望する者	13 (50)	385 (50)	373 (50)	771 (150)
2)線管理修得プログラム	本学の理工系学生を対象とし、関連法規も含めた 放射線取扱主任者資格取得レベルの理解 を希望する者	6 (10)	82 (20)	87 (20)	175 (50)
3)線基礎理解プログラム	本学の全学生を対象とし、廃炉工程を理解するための 放射線の基礎知識 を学びたい者	58 (200)	298 (200)	316 (200)	672 (600)
合計		77 (260)	765 (270)	776 (270)	1,618 (800)

表2. 実施スケジュール（結果）

	8・9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月	4-6月	7-9月	10-12月	1-3月
①放射線対策科学専修プログラム		←									→
②放射線管理修得プログラム		←									→
③放射線基礎理解プログラム		←									→
④連携協議会の開催			↔				↔				↔

<成果と評価>

本事業の3年間を通じて、幅広い分野の学生に対する廃炉への興味・関心、実験を基盤とした放射線に対する理解、JAEA との教育連携、放射線取扱主任者試験合格者数の向上を図ることができた。以下に各プログラムに関しての成果と評価を記載する。

（1）放射線対策科学専修プログラム

表1に示されるように初年度は想定した育成人数を下回ったものの、2年目以降は想定を大幅に超える人数を育成することができた。本プログラムは4年修了時に認定されるものであるため、令和元年度末に初の認定者が出る予定であるが、多くの認定者を輩出できると期待される。

本事業で作成した廃炉パンフレット「廃炉について考える」を教材とした授業（共生の科学）では、共生システム理工学類の全1年次生から授業後のアンケートを自由記述形式で取っており、その中から多くの学生が挙げていた内容を以下のようにいくつかのカテゴリーに集約した。

- ほとんどの学生は1F事故時にはまだ小学生であり当時の記憶があいまいであったが、本授業を通して事故の概要を知る中で廃炉が地域の重要課題であることを再認識したこと。
- 他県出身者にとっては1F事故に対して関心がこれまで薄かったが、福島でこそ学べる点があると認識したこと。
- 放射線は何となく怖い、と思っていたが適切な管理の下で医療・工業など多くの分野に有効であると理解したこと、及び自らのキャリアパスの1つとして考えられると意識したこと。
- 放射線取扱主任者資格の存在を知り、資格取得に向けて関心が高まったこと。
- 1F事故時の共生システム理工学類教員の線量調査活動を知り、専門分野間のつながりが実際に重要であることを認識できたこと。

いずれも廃炉・放射線への関心が高まった様子が伺えるものであった。

また2年次の物理学実験（新設テーマ：放射線）では本事業で整備した放射線計数実習装置により少人数ごとのグループで実験をさせることが可能となった。理解度について授業後のレポートにより評価し、「放射線防護の3原則」「自然放射線」についての定量的把握ができるようになった学生が多いことを確認した。

（2）放射線管理修得プログラム

放射線取扱主任者試験への合格者を成果として記載する。

- 平成28年度 9名（第1種1名、第2種8名）
- 平成29年度 8名（第1種1名、第2種7名）
- 平成28年度 11名（第1種1名、第2種10名）

毎年約10名程度が合格しており、人数としては当初の計画時に期待した成果がほぼ上げられて

いる。ただし、今後は第1種の合格者の割合を増やすために、現在開講している「放射線科学」に加えて、よりアドバンストな指導を行う教育プログラムを考えていく必要がある。

(3) 放射線基礎理解プログラム

表1に示されるように初年度は想定した育成人数を下回ったものの、2年目以降は想定を大幅に超える人数を育成することができた。本プログラムでは通常の授業では座学中心となっている理工系以外の学生が多く受講しており、演示実験による放射線教育の効果が特に高い。下記に「災害復興支援学」で取ったアンケート内容の抜粋を記載する。

- 大学に入ってから様々な先生の放射線に関する講義を受けてきましたが、今回のような理数的な側面からの説明を受けたことはあまりなかった。
- 放射線の筋を見ることができる装置や、放射線の数値を図る機械は初めて実際に見ましたが自然の状態でも放射線は存在するというのをあらためて実感しました。
- 金属のなかで鉛が一番遮蔽効果が高いというのは聞いたことがあったが実際に実験を見て同じ金属でもこんなに効果に差があるなんて驚いた。
- 今日の講義のように実験としてやってみると子どももわかりやすいですし、かなり興味をもってもらえるなと思いました。
- 今までには放射線の影響に関する調査や、被害地域の活性化などの内容だったので、今回のような実験や観察を組み込んだ講義を受けるのはとても興味がわいた。実際に見ることで放射線防護三原則というのを実感しやすくなった。
- 大学では放射線の講義を何度も受けているが、このような実験は初めてやったので新鮮だった。放射線が目で見えたり、数値で見えたりするのは、ただ話を聞いているよりも面白かった。
- 大学に来てまで実験をするとは思わなかった。実験を本格的にやるのは中学校が最後だった気がするからとても楽しかった。

また、理科教員免許取得希望者用の授業である「理科授業研究」では、中学理科での放射線教育のための授業案を作成させたところ、霧箱等の実験授業では一定レベルに到達することができた。これは事前に「物理学実験」において放射線実習を行わせていた効果が出ているものと考えられる。一方で、合意形成の方法に関する授業案作りでは実験授業とは異なり社会的な側面をどのように授業に落とし込むかについて困難を感じていた。

他の高等教育機関での波及効果を狙って行った看護学校での放射線授業では、少人数での実習を行わせることにより放射線防護の3原則について実感を持たすことができたとともに、将来看護師として働く際に患者に対してきちんと放射線の影響について説明できる力量が必要と感じた学生が多くみられた。

(4) 連携協議会の開催

各年度末に行われた連携協議会では当該年度の達成度についての情報共有・評価の他、次年度に向けた展開への提言など有用なコメントを多く得られた。最終年度の連携協議会でのJAEA側からのコメントから抜粋して下記に記載する。

- 導入資料教材「廃炉について考える」の作成、改訂が行われ、今年度はWeb(パソコン、スマホ)版が作成されるなどJAEAとの連携によって新しい教育プログラムが進められている点が大変評価できる。
- 「災害復興支援学」の講義など、学生の専門分野にあわせた多様な教育が行われた結果、当初予定の倍、合計約1,600名の学生が参加している。予想以上の学生が参加しており、関心の高さが伺える。今後も継続して放射線に関する教育を行ってください。
- 理工系の学生は、コロラド州立大学での実習プログラム、環境放射能研究所での実習など、連携のキッカケになる取組みを行っている。今後もこれを継続し、発展させられるとよいと思います。また、これに加えて、社会人文学系の学生にも他機関で演習、実習の場が提供できるように連携の可能性を検討してはどうでしょう？

<今後の事業計画・展開>

本事業で構築された教育プログラムは、立ち上げ時の機器の導入などに経費がかかったが、いずれも継続的に使用可能なものであり、引き続き廃炉人材育成・放射線教育を行うことができる。その上で、どのように発展させるかを下記に記載する。

(1) 放射線対策科学専修プログラム

本事業期間内では導入資料教材「廃炉について考える」を印刷パンフレットとして配布してきたが、最終年度にその内容を Web 化したことで今後は印刷経費をかけずに学生へ周知することが可能となった。Web 化においてはスマホ版も作成していることから、授業内で学生個人のスマホを用いながら授業を進めることができる。

本事業で導入した「放射線計数実習装置」等を用いて、引き続き「物理学実験」等の実習および「災害復興支援学」等での演習実験を行うことができる。令和2年度からは共生システム理工学類内に「物理・システム工学コース」「エネルギーコース」「物質科学コース」等のより専門性の高いカリキュラムモデルコースを設置することが決まったことから、廃炉・放射線に関心の高い学生を対象に同一の実験教材を使いながらもこれまで以上に高度な実習が可能になると期待される。一方で放射線対策科学専修プログラムはコース所属によらずに参加登録できるように設定し、通常はコースを越えた実習・実験科目を履修できないことに対して、本専修プログラム選択者は特例的に履修可能とした。これにより「数理・情報コース」「経営工学コース」「社会計画コース」などの少々廃炉・放射線分野から離れたコースに配属された学生にも学習機会が与えられるように配慮している。

1 F 事故からの年数が経つにつれて福島県内でも今後廃炉・放射線についての関心が低くなる懸念がある中で、以上のように本事業で得たリソースを活用しながら長期的に継続できる教育プログラムを展開していく予定である。

(2) 放射線管理修得プログラム

本事業期間内では専門科目「放射線科学」などを活用しながら、年度ごとに約 10 名の放射線取扱主任者試験合格者を出すことができおり、放射線取扱主任者資格取得希望者の増加を目指して引き続き放射線管理修得プログラムを進めていく。そのため、これまでに本資格を取得したことで JAEA や東京電力、製薬会社などに就職した卒業生の実績を低学年のうちからアピールしていく予定である。次の課題としては第 1 種放射線取扱主任者試験合格者の割合を増やすことである。そのため既に第 2 種を取得している学生を主な対象とした特別ゼミを計画している。また JAEA の専門家による放射線管理の実際についての講義等を安定的に行えるように、これまでの JAEA 講師を客員教授として受け入れた。客員教授には講義だけでなく、本事業で構築された福島大学と JAEA での連携教育体制を発展させるための役割も期待されている。

(3) 放射線基礎理解プログラム

本事業で整備した演習実験を含む放射線教育プログラムは引き続き「災害復興支援学」等の文系学生も含んだ授業で実施される。(1) で述べた導入資料教材「廃炉について考える」の Web 化を受けて、人数の多い文系学生クラスでも活用できるようになったことから、廃炉・放射線への関心を恒常的に高めることが可能になったと考えている。また、他の高等教育機関においても Web 化された本教材を見ることができることから、より多くの対象機関へ本プログラムへの参加を働きかけることが期待できる。

(4) 連携協議会の開催

本事業終了後も福島大学と JAEA の連携を継続的に強化するために連携協議会は毎年開催される予定である。教育プログラムの点検だけでなく、JAEA が福島県内に設置した各センターを活用して大学院生を対象とした共同研究などの進展などにも本協議会が利用できると期待されている。

<整備した設備・機器>

(1) 放射線計数実習装置 18 台 (平成 28 年度整備、約 9 百万円)

「物理学実験」等の実験授業における放射線特性および放射線計測の学習に用いられるとともに、大教室での演示実験に利用することで文系学生も含めて放射線防護三原則を理解させるために使用した。

<その他特記すべき事項>

本事業の「放射線対策科学専修プログラム」の一環として行った「海外演習」では米国コロラド州立大学 (CSU) に学生を派遣する前の事前指導として実習を含めた放射線教育を実施してきた。その際に、合わせて CSU で行う放射線実習との内容の摺り合わせを CSU 教員と共同して進めたところ、事前指導と CSU 実習の整合性が高くなり、相補的に教育効果を向上することができた。その具体例をいくつか挙げておく。

- 霧箱で見る放射線量：福島大で大型霧箱による観察を行っておき、その原理や軌跡の種類などを理解した上で、CSU にて同様の実験を行う。CSU はロッキー山脈の麓にあり、標高が高いため福島より遙かに多い軌跡が見えることになる。
- 半減期の測定：福島大で GM 計数管を用いた放射線量の測定の基礎実習を行った上で、CSU では同様の装置を用いて ^{137}Cs から抽出した $^{137\text{m}}\text{Ba}$ の放射線量の時間変化を測定させた。福島大学では放射線管理区域がないことから非密封線源を扱うことができないが、本実験を通して実際に分単位で線量が下がる実感をもたすことができた。
- 遺伝子の損傷：福島大で座学として放射線が遺伝子にどのような損傷を与えるかを学習させた後に、CSU では実際に 1Gy 以上の γ 線を照射して染色体の異常を顕微鏡観察させる実験を行った。
- ホットアトム効果：福島大で NaI シンチレーションスペクトロメータの実習を行い、 γ 線のエネルギースペクトルから核種同定と放射能 (ベクレル) を求められることを把握させた上で、CSU では過マンガン酸カリウム (溶液および固体) に中性子線を照射させた試料の γ 線エネルギースペクトルを NaI シンチレーションスペクトロメータにより測定させ、ホットアトム効果 (シラード・チャルマーズ法) を確認させる実験を行った。

海外演習の滞在期間を有効に利用するために、事前指導と整合性を持たせた CSU 教育プログラムは本事業期間を通じて完成度の高いものになった。

以上の経験を元に、現在カナダ・マクマスター大学との新しい海外演習を構築中である。マクマスター大学は学内に原子炉を所有しているため、CSU とは異なるより廃炉に密接に関わる教育プログラムが開発されることが期待される。

<参考資料>

(1) 添付資料

- 1) 導入資料教材「廃炉について考える」印刷パンフレット
- 2) 教員免許取得希望者用補助資料「放射線等に関する指導資料(抜粋)」(福島県教育委員会作成)

(2) 事業成果の公開事例、関連する文献

- 1) 導入資料教材「廃炉について考える (Web 版)」
(<http://www.sss.fukushima-u.ac.jp/phys/>)

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。）	本事業では理工系学生のみならず広く文系学生にも廃炉・放射線への関心を高めるための工夫を行い、事業開始前に想定した人数（800名）を大きく超える1600名以上の学生が参加した。文系学生であっても本事業で整備した実習教材を用いることで、実感を伴う放射線教育が可能であることが示された。
②特記すべき成果	共生システム理工学類改組でのコース制導入に伴い、「放射線対策科学専修プログラム」を全コース配属学生対象とし、学修案内上で位置づけることができた。
③事業の継続状況・定着状況	全てのプログラムが継続実施されており、単位化された授業と紐付けているために定着状況もよい。
④成果の公開・共有の状況	導入資料教材「廃炉について考える」をWeb化し、広く共有できるようにした。
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	参加学生数 ・放射線対策科学専修プログラム 771名 ・放射線管理修得プログラム 175名 ・放射線基礎理解プログラム 672名 放射線取扱主任者試験合格者 28名（第1種3名、第2種25名） 原子力関連機関への就職者数 4名 （内訳） ・東京電力（H28・1名、H30・1名） ・JAEA（H29・1名、H30・1名） （追記）R2にJAEA2名内定済み