

事務連絡

平成31年3月29日

国立大学法人東京学芸大学 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」をご参照願います。

課題名	教員養成系大学の特長を活かした高度原子力教育カリキュラムの開発
実施機関	国立大学法人東京学芸大学
実施期間	平成27年度～平成29年度

【評価結果】

S	極めて優れた成果があげられた
---	----------------

【審査評価委員会所見】

< 推奨意見 >

カリキュラムの開発や教本の作成に留まらず、カリキュラムの実践を計画し、計画を大きく上回る人数の参加を得た。また、実践によって参加者の原子力・放射線に対する理解、知識レベルの向上のみならず、放射線教育や啓蒙活動の必要性の理解に繋がった点が評価できる。

従来事業者等が進めてきた原子力広報に比べ、中立的な教員が原子力・放射線教育を行うことに意義があり、教員養成機関大学として、学生への教育や現職教員への再教育を実施できた点が評価できる。

< 今後への参考意見 >

本事業で開発された教材を多くの教育機関で活用できるように、関連する他の教育系学部を有する大学への積極的展開を期待する。

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「教員養成系大学の特長を活かした高度原子力教育カリキュラムの開発」

<実施機関>

国立大学法人東京学芸大学自然科学系

<連携機関>

国立研究開発法人産業技術総合研究所，工学院大学，東京パワーテクノロジー株式会社

<実施期間・交付額>

27年度20,022千円，28年度15,786千円，29年度11,917千円

<当初計画>

1. 目的・背景

2008年度の学習指導要領改訂に伴い，小・中・高等学校の教育において原子力や放射線の平和利用に関する事項が増加した。加えて，2011年には原発事故が発生し，我々がかつて経験したことのない環境放射能汚染が身近なものになった。そのため，小・中・高等学校のとりわけ理科の教員には，放射線に関して正確で高度な知識と理解がこれまで以上に求められている。しかしながら，教員養成系大学には，実際に放射性同位体や関連する放射線を取り扱う高度原子力・放射線教育カリキュラムが設定されていない。そのため教員養成系大学のプライマリーミッションである“教員の卵”に対する人材育成がなされていないことに加え，小・中・高等学校教育現場と連携協力し，知的資源を活用するための支援体制も整備されていない。

本事業では，教員養成基幹大学である東京学芸大学の特色を活かし，今日の教育界の喫緊の課題に対応すべく，高度な原子力・放射線教育カリキュラムの開発を行う。放射線安全取扱い，放射線計測，土壌・排水の汚染と除染，実際の福島関連試料の取扱い，除染現場の見学とボランティア参加の観点から，震災以降の社会環境において，原子力利用技術の啓蒙に関する国民の要請に適應できる教員を養成するための高度化したカリキュラムの開発を行う。開発したカリキュラムは，東京学芸大学で開講される正規授業や現職教員に対する研修を通して，学部・大学院学生，現職の小・中・高等学校教員を対象に実施し，実践的な教育フォーマットとして実際の教育現場に展開するモデル事業の構築を目指す。

2. 実施計画

本事業では，付属教育施設や放射性同位元素総合実験施設（以下，「RI施設」という）など教員養成系大学である東京学芸大学に特徴的な資源を有効活用した高度原子力・放射線教育カリキュラムを開発し，実際の教育現場に展開する事業モデルを構築する。開発するカリキュラムは，放射線管理区域での講義と実習，除染に関する講義と模擬実験，福島関連汚染試料の取扱い，除染現場の見学と活動へのボランティア参加などについて，講義と実習から構成される。開発した上記カリキュラムを，東京学芸大学で開講される正規授業や理科教員高度支援センターの研修を通して，学部・大学院生や現職の小・中・高等学校教員に対して実践する。

（1）高度原子力・放射線教育カリキュラムの開発

以下の8つの項目から構成されるカリキュラムを開発する。

①原子力・放射線概論（講義）

“放射線とは”，“放射線と放射能”，“放射線の種類と性質”，“放射線の単位”，“原子力発電”など，原子力・放射線の基礎事項について講義する。

②放射線安全取扱い（講義，実習）

“放射線防護”，“放射線の測定”，“放射線計測機器”など，放射線の安全取り扱いについて，講義を行う。併せて，放射線管理区域において，GM計数管など各種放射線計測機器を用いて，実習を行う。

③高レベル放射性廃棄物と地層処分（講義，実習）

核燃料サイクルと高レベル放射性廃棄物，地層処分について，原子力発電所と活断層，関連した安全性などについて，講義を行う。実習では，ウランを含む鉱物の観察，放射線管理区域において様々な放射性鉱物試料の測定を行う。

④食品への影響（講義，実習）

食品に対する放射線影響とその安全性について講義を行う。実習では，放射線管理区域において，産業技術総合研究所計量標準総合センターが供給する放射性セシウムを含む玄米の認証標準物質の計測を行う。

⑤土壌や汚染水の除染（講義，実習）

土壌の除染，河川，溜め池，浄水場などの汚染水について講義を行う。土壌の除染，汚染水の成分分析や放射能汚染水の除染に関する模擬実験を行う。

⑥放射線の安全利用（講義，実習）

医療や学術研究における放射線の安全利用について講義する。実習では，放射線管理区域に設置されている装置を用いて，身近な材料の非破壊検査に関する実習を行う。

⑦福島関連汚染試料の取扱い（講義，実習）

ゲルマニウム半導体検出器の原理と利用方法，核種の同定方法，土壌へのセシウム吸着などについて講義を行う。実習では，放射線管理区域において，ゲルマニウム半導体検出器を用いて福島関連汚染試料を測定し，核種の同定を行う。

⑧除染現場の見学と活動へのボランティア参加（講義，実習）

福島県内の低レベル汚染エリアにおいて実際の除染現場を訪問・見学し，除染活動にボランティア参加する。

初年度の平成27年度は東京学芸大学の放射線管理施設であるRI施設を利用し，放射線計測，土壌・排水の汚染と除染を取り扱ったカリキュラムの作成に取りかかる。平成28年度は放射線安全取扱い，放射線計測，土壌・排水の汚染と除染，そして実際の福島関連試料の取扱い，除染現場の見学とボランティア参加を取り扱った暫定版カリキュラムを作成する。平成29年度は，初年および次年度のカリキュラム実践後のアンケート調査の結果や次年度開催予定の諮問委員会で得られるコメント等を反映させた，最終的なカリキュラムを作成する。

(2) 原子力ニシアティブ教本の作成

平成28年度に，東京学芸大学で開講される正規授業で使用する教本（暫定版）を作成する。初年度と次年度のカリキュラム実践後のアンケート調査の結果や次年度開催予定の諮問委員会で得られるコメント等を反映させた，教本（完成版）を最終年度の平成29年度に作成する。

(3) カリキュラム実践

初年度は，カリキュラムの作成と同時並行して，東京学芸大学の既存の授業1コマ（受講者数：40名程度）を利用して試験的に作成したカリキュラムを実施する。その結果を踏まえ，最終的にカリキュラムを実践する授業の選定を行う。次年度までに作成したカリキュラムを，東京学芸大学の学部生用の授業2コマ（受講者数：80名程度），大学院生用授業1コマ（受講者数：10名程度）を利用して実施する。加えて，理科教員高度支援センターの研修1コマ（受講者数：10名程度）を利用して，現職教員に対する実践も試みる。平成29年度は，最終的なカリキュラムを完成させ，正規の学部生用授業2コマ（受講者数：80名程度），大学院生用授業3コマ（受講者数：30名程度）で実践する。加えて，東京学芸大学理科教員高度支援センターの研修1コマ（受講者数：20名程度）や教員免許状更新選択講習1コマ（受講者数：20名程度）を利用して，現職の小・中・高等学校教員に対して実践する。

(4) 諮問委員会

原子力・放射線教育や除染に関する有識者に外部評価委員としてご出席いただき，カリキュラム開発の進捗状況や開発内容の妥当性等について意見交換する。カリキュラムや教本の完成に向けた課題抽出を行う。

<実施状況>

初年度にあたる平成27年度はカリキュラムを実践する授業の調査を行うとともに，東京学芸大学

の放射線管理区域であるRI施設を利用し、管理区域での講義と実習、除染に関する講義と模擬実験、福島関連汚染試料の取扱い、除染現場の見学と活動へのボランティア参加から構成されるカリキュラムの作成に取りかかった。平成28年度は、原子力・放射線概論、放射線安全取扱い、高レベル放射性廃棄物と地層処分、食品への影響、土壌や汚染水の除染、放射線の安全利用、福島関連試料の取扱い、福島でのフィールドを取り扱ったカリキュラム試作版を開発した。同時並行して、東京学芸大学で開設されている正規授業、理科教員高度支援センターの現職教員用研修プログラム、教員免許状更新講習を利用して作成したカリキュラムを実践した。平成29年度は、平成28年度に「試作版」として作成した原子力・放射線概論や放射線安全取扱い等の内容を含むカリキュラムを完成させた。東京学芸大学で開設されている正規授業や、理科教員高度支援センターでの現職教員研修プログラムを利用して、完成したカリキュラムの実践を行った。加えて、諮問委員会で外部評価委員より得られたコメントや、完成したカリキュラムの実践により得られたアンケートデータ等による効果測定等の分析を行い、カリキュラムのさらなる改善を進めた。

(1) 高度原子力・放射線教育カリキュラムの開発

平成27年度は、東京学芸大学の放射線管理区域であるRI施設を利用し、管理区域での講義と実習、除染に関する講義と模擬実験、福島関連汚染試料の取扱い、除染現場の見学から構成されるカリキュラムの作成を行った。管理区域での講義と実習を含まない講義室レベルで実践可能なカリキュラムの作成、講義だけのカリキュラムの作成も併せて行った。

平成28年度は、東京学芸大学のRI施設を活用し、学部学生及び大学院生、さらに教員研修を受講する現職教員を対象に、原子力・放射線概論や放射線安全取扱い等の内容を含む高度原子力・放射線教育カリキュラム（試作版）を作成した。福島での除染作業の現状、受講対象や実習期間等に応じて3つのタイプのカリキュラムを用意した。一つ目は、放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含まないカリキュラムである。実施項目は、a. 原子力・放射線概論、b. 食品への影響、c. 放射線安全取扱である。c. 放射線安全取扱の項目では、演示実験による外部被ばく防護三原則の実習を取り入れた。このタイプのカリキュラムは、演示実験を中心に大型の講義室を利用する授業に適している。二つ目は、放射線管理区域での実習を含み、フィールドワークを含まないカリキュラムである。実施項目は、a. 原子力・放射線概論、b. 食品への影響、c. 放射線安全取扱、d. 高レベル放射性廃棄物と地層処分、e. 土壌や汚染水の除染、f. 放射線の安全利用である。このタイプのカリキュラムは、専門的な内容で集中形式で半日から2日間の短期研修に適している。そのため、長期の時間を確保することが困難な現職教員に最適である。三つ目は、放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含むカリキュラムである。実施項目は、a. 原子力・放射線概論、b. 食品への影響、c. 放射線安全取扱、d. 高レベル放射性廃棄物と地層処分、e. 土壌や汚染水の除染、f. 放射線の安全利用、g. 福島関連試料の取扱い、h. 福島でのフィールドワークである。このタイプのカリキュラムは、二つめのカリキュラムと比較してさらに専門的な内容となるため、集中形式で4、5日間行うような中期研修に適している。

平成29年度は、前年度に開催した諮問委員会で外部評価委員より得られたコメント等、カリキュラム実践により得られたアンケートデータ等による効果測定等の分析を行い、カリキュラムのさらなる改善を行なった。先ず一つ目のカリキュラムである放射線管理区域での実習とフィールドワークを含まないタイプについて、放射線にできるだけ触れるという観点から、b. 食品への影響とc. 放射線安全取扱の項目において、受講生全員が簡易型放射線検出器 Radi 等を使用して、鉱物から放出される放射線を実際に測定するという試みを取り入れた。二つ目の放射線管理区域での実習を含み、フィールドワークを含まないタイプでは、b. 食品への影響とc. 放射線安全取扱の項目において、受講生全員が鉱物から放出される放射線を実際に測定するという試みを取り入れた。e. 土壌や汚染水の除染の項目に関しては、除染の現状を鑑みて実習を割愛し、除染の現状や方法などを取り扱うだけにとどめた。d. 高レベル放射性廃棄物と地層処分の項目は、内容をより手厚くするために、外部機関からの出前授業を一コマ取り入れた。h. 福島でのフィールドワークの項目に関しては、仮置場や仮設住宅の見学、土壌等から放出される放射線の簡易測定を取り入れた。

(2) 原子力・放射線型教本の作成

平成27年度は、上記カリキュラムに従い、原子力・放射線概論、放射線の安全取扱い、高レベル放射性廃棄物と地層処分、食品への影響、土壌や汚染水の除染、放射線の安全利用を取り扱った教本（暫定版）の作成を行った。

平成28年度は、初年度作成した教本（暫定版）を大幅に改訂した。開発したカリキュラムに従い、a. 原子力・放射線概論、b. 食品への影響、c. 放射線安全取扱い、d. 高レベル放射性廃棄物と地層処分、e. 土壌や汚染水の除染、f. 放射線の安全利用を取り扱う教本を作成し、教本（暫定版）2版を印刷製本した。

平成29年度は、教本2版をさらに改訂し、教本3版（最終版）を作成した。具体的には、“食品と放射能”と“放射線計測の標準”を新たに章立てした。完成したカリキュラムに従い、a. 原子力・放射線概論、b. 食品への影響、c. 放射線安全取扱い、d. 高レベル放射性廃棄物と地層処分、e. 土壌や汚染水の除染、f. 放射線の安全利用を取り扱う教本を作成し、教本3版（最終版）を印刷製本した（図1）。



図1 原子力・放射線型教本表紙

(3) カリキュラム実践

平成27年度は、作成したカリキュラム試作版を、東京学芸大学教育学部理科専攻学生用に開設されている正規授業である「物性物理学」、大学院教育学研究科（修士課程）理科教育専攻用に開講されている「環境自然科学教育研究法」を利用して試験的に実践した。さらに、平成27年度理科教員高度支援センター現職教員用長期研修（専門研修）として「放射線の科学」を新規開設し、カリキュラム試作版を実践した。「物性物理学」と「環境自然科学教育研究法」は講義室で、「放射線の科学」は講義室と放射線管理区域を使用した。実践にあたり、ゲルマニウム半導体検出器と電圧分割器付光電子増倍管を整備した。平成27年度の実践状況の詳細は以下の通りである。

「物性物理学」（教育学部理科専攻学生用）

受講者数：理科教育専攻学部生15名

実施期間：平成28年2月16日～2月23日

「環境自然科学教育研究法」（大学院教育学研究科（修士課程）理科教育専攻学生用）

受講者数：大学院修士課程理科教育専攻学生7名

実施期間：平成28年2月16日～2月23日

「放射線の科学」（現職教員用）

受講者数：小学校現職教員1名、中学校理科教員7名

実施日：平成27年12月27日

平成28年度は、開発した3つのカリキュラムを、春・秋学期に開設された非理科専攻、理科専攻および大学院修士課程理科教育専攻の正規授業や集中授業を利用して実践した。現職教員に対しては、昨年度新規開設した理科教員高度支援センター現職教員用長期研修（専門研修）「放射線の科学」を引き続き実践した。さらに、平成28年度理科教員高度支援センター現職教員用半日・1日研修（専門研修）として「放射線計測の基礎」を新規開設し、実践した。これらに加えて、教員免許状更新講習を使用して「放射線計測の基礎と環境材料のナノ構造評価」を新規開設して実践した。放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含まないカリキュラムは、教育学部非理科専攻学生用に開講されている「理科研究」で実践した（図2）。「理科研究」の対象学生は初等教育教員養成課程の2、3年生で、理科を専攻していない学生である。小学校の教員は、大学や大学院で理科を専攻していなかったにもかかわらず理科を教える必要がある。そのような学生に対する理科のトレーニングを「理

科学研究」で行っている。受講者数は毎回80名を超える大人数で、大講義室を使用して行われる。

放射線管理区域での実習を含み、フィールドワークを含まないカリキュラムは、大学院修士課程理科教育専攻用に開講されている「環境自然科学教育研究法」(図3)、理科教員高度支援センター現職教員用長期研修(専門研修)「放射線の科学」、現職教員用半日・1日研修(専門研修)「放射線計測の基礎」(図4)、教員免許状更新講習「放射線計測の基礎と環境材料のナノ構造評価」で実践した。放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含むカリキュラムは、理科専攻学生用に開講されている「専修物理学実験」で実践した。実践にあたり、デジタルオシロスコープや放射線計測モジュールを整備した。



図2 放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含まないカリキュラムを、大講義室で非理科専攻学生に対して実践したときの様子。



図3 放射線管理区域での実習を含み、フィールドワークを含まないカリキュラムを、講義室で現職教員に対して実践したときの様子。



図4 放射線管理区域での実習を含み、フィールドワークを含まないカリキュラムを、管理区域で大学院生に対して実践したときの様子。

平成28年度の実践状況の詳細は以下の通りである。

「理科研究」(教育学部非理科専攻学生用)

受講者数：教育学部非理科専攻学生93名

実施期間：平成28年4月15日～7月29日，7.5コマを2クラスで計15コマ

「専修物理学実験」(教育学部理科専攻学生用)

受講者数：教育学部理科専攻学生7名

実施期間：平成28年10月4日～7日，14日，集中形式で4.5コマ

「環境自然科学教育研究法」(大学院教育学研究科(修士課程)理科教育専攻学生用)

受講者数：大学院修士課程理科教育専攻学生6名

実施期間：平成29年2月20日～2月23日，27日，集中形式で4.5コマ

「放射線計測の基礎」(現職教員用)

受講者数：小学校教員1名，中学校理科教員3名，高等学校理科教員7名

実施日：平成28年6月21日

「放射線の科学」(現職教員用)

受講者数：小学校教員6名，教育研究所教員2名

実施日：平成28年12月28日

「放射線計測の基礎と環境材料のナノ構造評価」(現職教員用)

受講者数：小学校教員5名，中学校教員4名，高等学校教員6名，海外日本人学校教員1名，特別支援学校教員1名，その他1名

実施日：8月1日

平成29年度は、諮問委員会で外部評価委員より得られたコメント等を反映させ完成させたカリキュラムを、春・秋学期に開設された非理科専攻、理科専攻および大学院修士課程理科教育専攻の正規授業や集中授業を利用して実践した。さらに、他大学理学部物理学4年生用、大学院理学系研究科修士課程物理学専攻学生用の授業でも出前授業としても実践した。現職教員に対しては、昨年度新規開設した理科教員高度支援センター現職教員用長期研修(専門研修)「放射線の科学」、教員免許状更新講習「岩石と鉱物」を利用して実践した。放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含まないカリキュラムは、「理科研究」で実践した。放射線管理区域での実習を含み、フィールドワークを含まないタイプのカリキュラムは、東京学芸大学教育学部理科専攻学生用に開講されている「専修物理学実験」と「物性物理学」、大学院教育学研究科(修士課程)理科教育専攻学生用に新規開設した「環境自然科学教育研究法(ad)」、他大学理学部物理学4年生用、大学院理学系研究科修士課程物理学専攻学生用に開講されている正規授業、理科教員高度支援センター現職教員用半日・1日研修(専門研修)「放射線計測の基礎」、教員免許状更新講習「岩石と鉱物」で実践した。放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含むカリキュラムは、大学院修士課程理科教育専攻用に開講されている「環境自然科学教育内容基礎研究法」で実践した(図5)。実践にあたり、福島でのフィールドワークで使用するガンマ線線量率計、多核種分析用ガンマ線検出プローブ、増幅器、ポータブルMCAシステムを整備した。平成28年度の実践状況の詳細は以下の通りである。

「理科研究」(教育学部非理科専攻学生用)

受講者数：教育学部非理科専攻学生151名(大学院修士課程聴講生2名含む)

実施期間：平成29年4月14日～7月28日，7.5コマを2クラスで計15コマ

「専修物理学実験」(教育学部理科専攻学生用)

受講者数：教育学部理科専攻学生4名

実施期間：平成29年9月11日～15日，集中形式で4.5日

「物性物理学」(教育学部理科専攻学生用)

受講者数：教育学部理科専攻学生 22名

実施日：平成30年2月6日，1コマ

「環境自然科学教育内容基礎研究法」(大学院教育学研究科(修士課程)理科教育専攻学生用)

受講者数：大学院修士課程理科教育専攻学生6名

実施日：平成29年10月2日～10月4日，10月13日～10月14日，集中形式で4.5日

「環境自然科学教育研究法(a d)」(大学院教育学研究科(修士課程)理科教育専攻学生用)

受講者数：大学院修士課程理科教育専攻学生5名

実施期間：平成30年3月1日～3月2日，3月5日～3月7日，集中形式で4.5日

「出前授業」(他大学理学部物理学科4年生用，大学院理学系研究科修士課程物理学専攻学生用)

受講者数：大学院修士課程物理学専攻学生7名

実施日：平成29年12月25日～12月26日，集中形式で15時間7.5コマ

「放射線計測の基礎」

受講者数：小学校教員1名，中学校理科教員2名，高等学校理科教員2名

実施日：平成29年6月21日

「岩石と鉱物」

受講者数：小学校教員18名，中学校理科教員5名，高等学校理科教員1名，その他1名

実施日：平成29年8月8日



図5 フィールドワークの様子。放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含むカリキュラム実践の一環として，理科専攻学生に対して実践。

育成対象と人数，実施したスケジュールをまとめたものを，表1と2に示した。

表1. 育成対象及び人数（結果）

実施項目	育成対象者	育成人数		
		27年度	28年度	29年度
1)放射線管理区域での実習とフィールドワークを含まないカリキュラムの実践	教育学部非理科専攻 2, 3, 4年生	0	93	151
	教育学部理科専攻 3, 4年生	15	0	0
	大学院教育学研究科 (修士課程) 理科教育専攻 1, 2年生	7	0	0
2)放射線管理区域での実習を含み, フィールドワークを含まないカリキュラムの実践	教育学部理科専攻 3, 4年生	0	0	26
	大学院教育学研究科 (修士課程) 理科教育専攻 1, 2年生	0	6	12
	小学校教員	1	12	19
	中学校理科教員	7	7	7
	高等学校理科教員	0	13	3
	海外日本人学校教員	0	1	0
	特別支援学校教員	0	1	0
	教育学研究所 その他	0 0	2 1	0 1
3)放射線管理区域での実習とフィールドワークを含むカリキュラムの実践	教育学部理科専攻 3・4年生	0	7	0
	大学院教育学研究科 (修士課程) 理科教育専攻 1, 2年生	0	0	6
	参加人数（実績）	30名	143名	225名
	（参考指標） 交付額/参加人数	667 千円/人	110 千円/人	53 千円/人

表2. 実施スケジュール（結果）

項目	27年度 (四半期毎)				28年度 (四半期毎)				29年度 (四半期毎)			
① 放射線管理区域での実習とフィールドワークを含まないカリキュラムの実践				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
② 放射線管理区域での実習を含み、フィールドワークを含まないカリキュラムの実践			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
③ 放射線管理区域での実習とフィールドワークを含むカリキュラムの実践							<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	

(4) 諮問委員会

平成29年2月17日（金）14：00から、東京学芸大学自然科学系研究棟1号館会議室 M102において諮問委員会を開催した。原子力・放射線教育や除染に関する有識者2名に外部評価委員としてご出席いただき、カリキュラム開発の進捗状況や開発内容の妥当性等について評価を頂いた。2名の外部評価委員に加えて、東京学芸大学の教員2名、連携機関の実務担当者1名、東京学芸大学の事務担当係2名が参加した。さらに、他大学の教員1名がオブザーバーとして参加した。主なコメントは表3の通りである。

表3. 平成29年2月17日の諮問委員会で外部委員から得られた主なコメント

	委員1	委員2
① 実践した授業について	これ以上広げずに、今のままで最適化する方向に進めた方が良い。	小・中・高等学校教員だけでなく、日本人学校や地方の教育研究所など、様々な分野の教員が参加していることは評価できる。
② カリキュラム内容について	“原子力・放射線概論”のところで、原子力をもっと丁寧に取り扱いってはどうか。	“食品への影響”を“人体への影響”に含めてはどうか。
	本カリキュラムはより実践的なものを想定しているにも関わらず、“原子力・放射線概論”など放射線の基礎事項を取り扱うことは評価できる。	毎回、事前事後アンケート、理解度診断を実施していることはすばらしい。
	三つのケースに対応したカリキュラムを開発し、実践していることは評価できる。	本カリキュラムはより実践的なものを想定しているにも関わらず、“原子力・放射線概論”など放射線の基礎事項を取り扱うことは評価できる。
	放射線にできるだけ触れるという意味からも、“原子力・放射線概論”で身近な放射線についても扱ってはどうか。	三つのケースに対応したカリキュラムを開発し、実践していることは評価できる。
	“土壌や汚染水の除染”の項目について、土壌の除染は依然として重要であるため、現状や除染の方法などについては取り扱った方が良い。必ずしも実習をやらなくても良いのではないか。	法規制対象外線源と簡便な半導体検出器を用いた教材を作成し、講義室で実践していることは評価できる。
	研修者がいろいろな意味で現地の情報を知るという点で、フィールドワークはやった方が良い。	非理科生に対して大型の講義室で実践していることは評価できる。 ¹³⁷ Csの一般食品の基準値などをカリキュラムで取り扱うことは、学生、教員、さらには生徒や保護者が関心を持っている点に答えるという意味で評価できる。 当初予定していたボランティア活動の需要がなくなり、福島でのフィールドワークに切り替えた点について、現地の実情を学ぶという観点からは、フィールドワークはやった方が良い。
③ 教本について	内容は良い。 漫画などがあると受講者に受け入れられやすいため、取り入れることを検討してはどうか。	内容は十分である。これ以上増やさない方がいい。
④ その他	教員ネットワークを構築したことは評価できる。	教員ネットワークを構築したことは評価できる。
		ネットワークが情報発信の核となることを期待する。

＜成果と評価＞

平成27年度に「物性物理学」と「環境自然科学教育研究法」を受講した学生からは、“外部放射線防護の重要性を感じた”“食品の放射性物質の基準値が勉強になった”等の意見が聴かれ、本実践によって放射線教育への理解が深まることが確認された。「放射線の科学」を受講した現職教員からは、“今回の研修を今後の実践に役立てたい”、“放射線に関する授業が必要と感じた”等の意見が聴かれ、本実践によって放射線教育への理解が深まることが確認された。

平成28年度に「理科研究」、「専修物理学実験」、「環境自然科学教育研究法」を受講した学生、「放射線計測の基礎」と「放射線の科学」を受講した現職教員からは、“今回の研修を今後の実践に役立てたい”、“放射線に関する授業が必要と感じた”等の意見が聴かれ、次年度も本実践によって放射線教育への関心と理解が深まることが確認された。

平成29年度に「放射線の科学」と「岩石と鉱物」を受講した現職教員からは、“放射線を不必要に恐れない方がいいと感じた”、“今回の研修を帰ってから現場での実践に役立てたい”、“放射線に関する授業は学校教育に必要と感じた”等の意見が聴かれ、最終年度も本実践によって放射線教育への関心と理解が深まっていることが確認された。

授業と教員研修の事前事後に行ったアンケート調査の結果の分析から、授業と研修後には、原子力・放射線に関して受講者の知識が高くなっていることがわかった。加えて、春学期に開講した「理科研究」では、“実際に土壤の放射能を調べたい”、“実際に食品の放射能を測定したい”、“ ^{137}Cs の一般食品の基準値のような低レベルの放射能を体験したい”のように、より実践的な要望が非理科専攻学生から得られた。このような要望に応えるため、セシウム137の一般食品の基準値100 Bq/kgほどの低放射能濃度をゲルマニウム半導体検出器のデータから定量するプロトコルを開発し、大学院修士課程理科教育専攻用の「環境自然科学教育内容基礎研究法」、「環境自然科学教育研究法(a d)」を利用して集中授業で試験的に実践した。ここでは、小金井市や小平市など様々な場所で採取された土壤、食品を大学院生が各自持参し、東京学芸大学のRI施設で測定と定量を行った。

一方で「放射線計測の基礎」を受講した現職教員からは、“原子力・放射線を理解するプロセスを通してどのような能力が育成されるのか”など、より教育面で実践的な意見が得られた。新学習指導要領で重要視されているコンピテンシーを念頭においているものと推測される。類似した結果が過年度の現職教員のアンケート調査でも得られている。これらのことを鑑みて、放射線を具体的、客観的に評価する技能を習得し、その結果を正確に伝える能力を養うこと目的とし、実際に測定した放射線を数値化し、グループごとに比較検討させる作業を、今年度のカリキュラムに取り入れた。この試みは、非理科専攻学生用「理科研究」、他大学理学部物理学4年生用、大学院修士課程物理学専攻学生用の授業で実践した。事後アンケート調査の結果、“実際に数値化することにより客観的理解に結びついた”、“これまでテレビで報道されている単位にも興味を持てるようになった”などの意見が得られ、コンピテンシーの育成にも結びついていることが確認できた。今年度行った改善事項はカリキュラムに反映させ、来年度以降も継続していく予定である。

＜今後の事業計画・展開＞

本事業では、1. 放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含まないカリキュラム、2. 放射線管理区域での実習を含みフィールドワークを含まないカリキュラム、3. 放射線管理区域での実習とフィールドワーク両方を含むカリキュラムを開発した。これら3つのカリキュラムは、今後も受講対象や受講期間に応じて、臨機応変に継続していく予定である。事前事後アンケート調査の結果から、カリキュラム1を用いて実践する座学や演示実験による授業は、非理科専攻学生に対して有効であることがわかった。また、受講生80名以上の大人数を大講義室で実践する授業でも十分に可能であることもわかった。平成27年度から3年間、非理科専攻学部生用に開設されている「理科研究」で実践したが、今後も継続していく予定である。カリキュラム2により、放射線管理区域でのガンマ線計測を行うなど、より専門的な内容を短い期間で実践することは、まとまった時間を確保することが難しい現職教員に適していることがわかった。理科教員高度支援センターの現職教員用の研修プログラムとして平成28年度に新規開設した「放射線計測の基礎」は、今年度も継続して実施した(図6(理科教員高度支援センターのホームページ)参照)。同センターの専門研修「放射線の科学」、教員免許状更新講習とともに、今後も継続していく予定である。カリキュラム2は、現職教員に加えて、理科を専攻とする高学年の学部生、大学院修士課程学生に適していることがわかった。理科専攻学部生用「専修物理学実験」、大学院修士課程理科専攻学生用「環境自然科学教育内容基礎研究法」、平成29年度に新規開設した「環境自然科学教育研究法(a d)」で今後も継続していく予定である。カ

リキュラム3によりさらに専門的な内容を実践することは、理科を専攻とする高学年の学部生、大学院修士課程学生に適していることがわかった。理科専攻学部生用「専修物理学実験」、大学院修士課程理科専攻学生用「環境自然科学教育内容基礎研究法」、「環境自然科学教育研究法（a d）」を利用して、今後も継続していく予定である。一方で、今回開発した教材を用いて放射性同位元素を用いた出前授業が可能になった。上記3つのカリキュラムに取り込んでいく予定である。



図6 平成30年度の教員研修プログラムの一部
(理科教員高度支援センターのホームページより)。

<整備した設備・機器>

- (1) 高純度ゲルマニウム半導体検出器2台(平成27年度整備、約10.4百万円)
放射線管理区域におけるガンマ線計測の実習で、天然放射性核種から放出されるガンマ線スペクトル、セシウム137やセシウム134から放出されるガンマ線スペクトルを精度良く測定するために使用する。
- (2) デジタルオシロスコープ1台(平成28年度整備、約1.7百万円)
放射線管理区域において、放射性同位元素セシウム137やナトリウム22を取り扱った放射線計測実習を行うための計測システムのセットアップと調整のために使用する。
- (3) 多チャンネル波高分析器(マルチパラメータ)1台(平成28年度整備、約2.1百万円)
放射線管理区域での実習において、放射性同位元素、放射性銩物、福島関連試料などから、放出されるガンマ線のエネルギー分析を行い、放射性核種の同定を行うために使用する。
- (4) 多核種分析用ガンマ線検出プローブ(環境放射線測定プローブ)1個
(平成29年度整備、約1.4百万円)
福島でのフィールドワークにおいて、放射線計測による核種の同定、さらにはセシウム134や137から放出するガンマ線スペクトルを精度良く測定するために使用する。

(5) TNB-1MP ポータブル MCA システム 1 式 (平成 29 年度整備、約 1.5 百万円)

福島でのフィールドワークにおいて、持ち運びが可能で、さらに福島関連試料に含まれるセシウム 137、セシウム 134 から放出されるガンマ線スペクトルを精度良く分離するために使用する。

〈その他特記すべき事項〉

(1) 本事業で開発した教材により、講義室や出前授業で放射性同位元素を用いた実習が初めて可能になった。これにより、大講義室での演示実験や他大学での出前授業を実践することができた。

(2) 当初の人材育成の計画は 290 名であったが、これを上回る 398 名の学部生、大学院生、現職教員に対して人材育成を行うことができた。当初の目標に対して、達成度は 137% であった。

(3) 大学院修士課程用に「環境自然科学教育研究法 (ad)」, 現職教員用に「放射線の科学」, 「放射線計測の基礎」, 「放射線計測の基礎と環境材料のナノ構造評価」, 合計 4 つの授業を新規開設した。

(4) 本事業で執筆した原著・解説論文 5 報は全てオープンアクセスで公開している (以下、〈参考資料〉(2) 事業成果の公開事例、関連する文献)。東京学芸大学リポジトリが行っているアクセス統計によると (<http://ir.u-gakugei.ac.jp/access-report>), 今年度 (平成 30 年度) のアクセス数とダウンロード数は、論文 3) について 91 回と 78 回、論文 5) について 118 回と 109 回であり、驚異的な値である。本事業で開発した高度原子力・放射線教育カリキュラムに対して、教育の現場からの関心が高いことがわかる。

(5) 全国教員ネットワーク構築として、教員研修参加者等のメーリングリスト (78 名) を作成し、本事業で進めた高度原子力・放射線教育カリキュラム開発の PDCA に活用した。

〈参考資料〉

(1) 添付資料

1) 研修では、本事業で作成した「原子力イニシアティブ教本」を使用した。参考資料として提出する。

(2) 事業成果の公開事例、関連する文献

1) 認証標準物質を用いて環境試料の放射能濃度定量を行う放射線教育用教材の開発
佐藤公法, 中島輝, RADIOISOTOPES, 印刷中。

2) 教員養成における理科の資質・能力の育成を目指す授業プログラムの開発
真山茂樹, 松本益明, 小林晋平, 生尾光, 原健二, 狩野賢司, 岩元明敏, 佐藤尚毅, 高橋修, 湯浅智子, 佐藤公法, 平田昭雄, 葛貫裕介, 三井寿哉, 村上潤, 東京学芸大紀要 自然科学系 69, 55-90 (2017)。

3) 放射線数え落としによる放射線強度距離逆二乗則からの逸脱に与える影響
- 中学・高等学校の理科教員養成の試みを通して -
佐藤公法, 村上英興, 高下泰嗣, 東京学芸大紀要 自然科学系 69, 157-163 (2017)。

4) 中学校および高等学校理科教員養成のための高度放射線教育カリキュラムの開発
佐藤公法, 村上英興, 竹内達哉, 安見周平, RADIOISOTOPES 66, 633-640 (2017)。

5) 「放射線外部被ばく防護三原則の実験指導」に関する教材開発と評価:
中学校理科教員を対象に,
佐藤公法, 竹内達哉, 安見周平, 東京学芸大紀要 自然科学系 68, 83-90 (2016)。

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。）	<ul style="list-style-type: none"> ・〈成果と評価〉に記載。 ・〈その他特記すべき事項〉の（２）と（３）に記載。
②特記すべき成果	<ul style="list-style-type: none"> ・〈その他特記すべき事項〉に記載。 ・研修に参加した教員の中には、現職の教員だけでなく、海外日本人学校、特別支援学校、教育学研究所からの受講者もあり、全国津々浦々から多彩な顔ぶれであった。さらに、教育委員会の事務系職員飛び入り参加もあった。 ・研修に参加した学生の中には、現役の単位取得学生だけでなく、興味関心から聴講生として参加する学生もいた。さらに、外国人留学生の参加もあった。
③事業の継続状況・定着状況	<ul style="list-style-type: none"> ・〈今後の事業計画・展開〉に記載。
④成果の公開・共有の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・〈その他特記すべき事項〉の（４）と（５）に記載。 ・これから出版予定の論文や解説書も全て、オープンアクセスで公開予定である。 ・本事業で作成した「原子力イニシアティブ教本 ver. 3」は今後も適宜改訂し、授業や教員研修で使用していく予定である。
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	<ul style="list-style-type: none"> ・参加した学生数は、表 1. 育成対象及び人数（結果）に記載。 ・参加した学生のほとんどが公立、私立の教員（常勤、非常勤）、または教育関係の職に就いている。 ・参加した海外からの留学生の一人は、母国の大学で博士研究員として原子力・放射線関連の研究を継続している。 ・受講者の 1 名が第 2 種放射線取扱主任者の資格を取得した。