

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25282034

研究課題名(和文)放射線安全文化醸成を目指した総合的な教育システムの開発

研究課題名(英文)Development of Comprehensive Education System Toward Radiation Safety

## 研究代表者

飯本 武志 (IIMOTO, Takeshi)

東京大学・環境安全本部・准教授

研究者番号：80302678

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：安全文化醸成のための基盤として、人材育成の中核となる教育者集団を主たるステークホルダーとし、彼らが必要とする教育モジュールを開発することを本研究の目的とした。

放射線計測分野の視点では、大気圧空気GM計数管の仕組みを応用した教育用簡易放射線検出器を開発した。教育・社会心理学分野の視点では、さまざまな施設における放射線に関する情報の普及活動、諸外国における中高生やその教員に関する科学技術教育及び原子力・放射線教育の現状、専門家人材育成等の現状に関する調査を実施した。この情報を基に、放射線教育のための簡易ツールを開発し、それをを用いての実践モジュールを策定、国内外の中学校、高校で試験運用した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop radiation education modules which are requested by school teachers who are the core of the human resource development as a foundation for safety culture improvement.

In the viewpoint of the field of radiation measurement, we developed a simple radiation detector for school education, based on the mechanism of the natural atmospheric pressure air GM counter. In the viewpoint of the field of education and social psychology, we investigated the latest situation of (1) information spread activities on radiation science and technology in various facilities, (2) nuclear and radiation education for secondary school students and teachers in foreign countries, and (3) expert development in the nuclear and radiation fields. We developed a simple tool for radiation education and practice modules. We utilized the modules in domestic and foreign secondary schools experimentally.

研究分野：環境安全マネジメント学

キーワード：科学リテラシー リスクリテラシー 放射線教育 放射線防護

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 25 日現在

### 1. 研究開始当初の背景

国際放射線防護委員会 (ICRP) や国際原子力機関 (IAEA) 等が安全文化の醸成の重要性を唱えている。一般的な視点での科学リテラシー、安全リテラシー、リスクリテラシーの獲得がその基盤となるが、「教育」や「コミュニケーション」等を重要な構成要素と捉え、それらを有機的、総合的に組み合わせることが時流となっている。放射線防護の世界では利害関係者関与が放射線防護の三原則、すなわち「正当化」「最適化」「線量制限」のなかの、防護の最適化のための最も重要なキーワードとされ、これも安全文化醸成のためのひとつの主軸として位置づけられつつある。安全文化の醸成には、基礎知識を身につけたうえで発揮される安定的な総合力が必要で、そのための対応と支援が専門家等に求められている。特に、発言力、発信力の強いステークホルダーが現に必要としているシステムを開発し、提供することが、文化の醸成のための第一歩になりそうである。

### 2. 研究の目的

発信力の強いステークホルダーのひとつに教育者集団があろう。本研究では安全文化醸成のための基盤として、人材育成の中核となる教育者集団を主たる対象と位置づけた。ステークホルダーが必要とする教育システムを検討、開発し、提供することを本研究の目的とした。

### 3. 研究の方法

「放射線計測分野 (工学)」「教育分野 (教育学)」「社会心理分野 (社会学)」の 3 軸で本研究を遂行した。ここでは放射線計測分野と教育・社会心理学分野の 2 項目に分割して整理する。

#### ① 放射線計測分野

本研究で設置された検討委員会と関係者ヒアリングの結果を受け、大気圧空気 GM 計数管の仕組みを応用した教育用簡易放射線検出器を開発した。この開発過程における試行錯誤で得られた放射線計測器設計上の知見を定量的、または定性的に整理した。

#### ② 教育・社会心理学分野

安全文化の基礎となる科学リテラシー等の構築に資する、さまざまな施設における PA 活動を現場視察、ヒアリングし、最新の情報として整理した。また本研究を IAEA や米国テキサス M&A 大学、豪州原子力科学技術機構 (ANSTO) 等との共同開発研究に展開し、諸外国における中高生やその教員に関する科学技術教育、原子力・放射線教育の現状について最新の状況を幅広く調査し、整理した。さらに教育の視点を広げ、安全文化の醸成の牽引者にもなる専門家の人材育成の現状についても、国内の最新状況を整理した。

ここで得られた国内外の動向を基に、学校における放射線教育のための簡易ツールを開発し、それを用いての実践モジュールを策定した。この教育実践モジュールを国内外の中学校、高等学校で試験運用し、反応や効果を繰り返しフィードバックすることで内容をブラッシュアップした。

ゲーミングによる体験型研修を応用し、教員向けスキルアップモジュールも試作した。上記の実践教育モジュールの実施機会と組み合わせ、教育現場への統合的で系統的な適用性につき、実践実験した。

### 4. 研究成果

#### (1) 放射線計測分野

##### ① 研究の内容

若年層及び次世代層 (児童・生徒) を対象とした、学校における放射線教育に適した放射線検出器のひとつに大気圧空気 GM 計数管 (空気 GM 管) がある。空気 GM 管は安価で、構造が単純、実例も多く報告されている検出器でありながら、動作原理が詳細には解明されていない。動作成功率があまり高くなく、かつ安定性に課題があった。本研究では空気 GM 管の簡便性に着目し、これを応用し、より安定的な検出器の開発をめざして、材料や幾何配置などの基本構成・動作条件などを実験的に精査した。電離ガスは空気とブタンの混合ガス、検出器の容器は透明プラスチックケース (直径 5cm、高さ 5.5cm、厚さ 0.3mm)、カソードは黒画用紙、アノードはふたつ折りしたステンレス鋼細線 (線径 0.23mm) といった簡単な構造をもつ検出器である。

##### ② 主な研究成果

###### a) アノード線材と線径、先端フープ径

空気 GM 管では一般にビニール被覆銅線を使用するが、銅線の酸化や汚れの付着が動作

異常の一因となるとされている。ここでは酸化に強いステンレス線の市販品でもっとも細い径 0.23mm を採用した。30%ブタン・空気混合ガスの場合、6 時間の継続使用でも安定的な計数が得られることがわかった。アノードの先端フープ径が 1mm から 4mm の範囲では、フープ径が小さいほど動作電圧は低下することがわかった。

#### b) カソード管内径

管径を変えた実験の結果から、アノード線径を一定とした場合、カソード管径が大きいほど動作電圧は高くなることがわかった。現場使用を勘案すると、カソード管内径 44mm まではブタン濃度を適切に選択すれば使用可能である。ただし、教育利用の目的として、印加電圧と計数率の関係などをとりたい場合は、カソード管内径 28mm 程度までが適切である。

#### c) ブタン濃度

カソード管内径を一定とした場合に、動作電圧に影響する因子としてはブタン濃度がもっとも支配的となる。ブタンは高次パルスの消滅ガスとして働くので、要求される濃度には下限と上限がある。高電圧電源の制約の中、30%以上のブタン・空気混合ガスを使用するのが適切であることがわかった。

### ③ まとめ

我が国の中高生が入手できる材料と部品を中心に材料を選定し、自作が可能で、安定的に使用できる教育用簡易放射線検出器（ブタン・空気混合ガス充填式大気圧 GM 計数管）を開発し、その製作と安定動作に必要な基本的な諸条件を明らかにした。本検出器は教育の現場で即時に利用可能である。関連の研究成果は第 4 回アジア・オセアニア放射線防護会議（AOCRP-4（2014）マレーシア）、日本原子力学会（2015 春の年会、2016 年春の年会）等で発表している。

## (2) 教育・社会心理学分野

### ① 放射線教育及び人材育成の実態調査

#### a) 国内の状況

2008 年に文部科学省学習指導要領が改訂され、義務教育における放射線教育が 2012 年、約 30 年ぶりに正式に再開された。また 2011 年 3 月に東電・福島第一原発事故が起こり、放射線影響や放射線の特性についての国民の関心も高まっている。関心は放射線分野にと

どまらず、原子力関連施設の安全性、将来に向けてのエネルギーセキュリティの議論にも広がっており、さらに活発化している。これらが大きな背景となり、昨今の原子力・放射線教育界をとりまく社会的環境、要求は劇的に変わったといえる。

若年層への安定的な放射線教育の必要性はもちろんのこと、原子力・放射線分野に直接関与するメンバー（同分野の専門家、放射線等のユーザーのみならず、自衛隊、消防、警察など）の人材育成も並行して重要である。たとえば大きな事故を受け、放射線防護体系に関する枠組みを再検討する国内外の動きは激しく、専門家に対する社会の期待はきわめて大きくなった。

このような国内外の動向を背景に、震災前後の日本における原子力・放射線教育に対する国民、業界、政府等の考え方や対応、ツールやモジュールの変化について、関係者が情報を持ち寄り、共有することは時機に適合しているだろう。ここでは昨今の関連する状況について放射線教育と専門家の育成の 2 つに分割して情報を整理した。整理にあたっては、本研究を基盤として編成、構成された電気学会「原子力・放射線の知識と防護技術の普及とその手法の開発に関する技術調査専門委員会（委員長：飯本武志、幹事：島添健次、佐藤泰）」が主催し、応用物理学会 放射線分科会放射物理研究会が共催した 2 度の講演会（平成 26 年 9 月 1 日開催「放射線に関する教育と防護技術の普及に関する事例研究シンポジウム」、平成 27 年 9 月 18 日開催「放射線教育と人材育成に関する総合講演会」（いずれも）等の講演で得られた内容を基にしている。《放射線教育》

1. 福島県教育委員会の活動
2. 日本原子力産業協会の教員支援活動
3. 日本原子力学会の支援活動
4. 放射線教育フォーラムの活動
5. 日本アイソトープ協会の活動
6. 原子力人材育成 NET の活動
7. 放射線教育推委らでの活動
8. IAEA-RAS0065 TC の活動

#### 《専門家育成》

1. 放射線取扱主任者等の育成
2. 放取主任者・作環測定士等の育成
3. 被ばく医療専門家の育成
4. 技術士の育成
5. 医学物理士の育成
6. 海外若手専門家の育成

ここで紹介、整理された情報は、応用物理学会放射線分科会が発行する「放射線」誌 Vol.41 No.2 (2016)の「特集：放射線教育と関連分野の人材育成の現状と課題～若年層教育から専門家の育成まで」で公表されている。

#### b) 国外の状況

本研究では IAEA の地域協力ミッション「Supporting Sustainability and Networking of National Nuclear Institutions in Asia and the Pacific Region (RAS/O/065 (2012~2015))」と連携して関連の情報を収集し、研究開発活動を推進した。この枠組みの中に技術協力プログラム(TCP)「中高生のための原子力・科学技術教育プログラム及びツールの開発に関するミッション」がある。その目的は原子力分野における長期的な視点での人材育成にあり、原子力科学技術(NST)に限ることなく、科学技術・工学・数学(STEM)全体に魅力と興味を感じるような、中高生を対象とした教育モジュールとツールを開発し、アジア各国に試験導入することであった。日本、米国、豪州、英国、韓国、インド、イスラエル、フィンランドからの専門家がこのミッションに参画している。日本、米国、豪州、英国、韓国等の IAEA 加盟各国から、政府系機関や学術団体等が主催する教育実践、展示物の事例を持ち寄り、情報交換を繰り返してきた。これらの情報は、「NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR SECONDARY SCHOOLS - A COMPENDIUM OF RESOURCES AND ACTIVITIES FOR TEACHERS AND STUDENTS」(以下、Compendium)としてまとめられている(2016年7月に公開予定)。これが本研究での国外状況調査のひとつの成果として位置づけられる。この Compendium に記載された加盟各国の NST/STEM 教育の実践事例を参考にして、選ばれたパイロット国(フィリピン、マレーシア、インドネシア、アラブ首長国連合(UAE)の4か国)が自国の事情に見合った教育パッケージを開発する活動に展開している。教育の対象は中高生にとどまらず、若く優秀で意識の高い教員を養成することも持続性の観点から重要との合意から、パイロット各国は教員セミナーなどの充実にも活動の中で注力することが決まり、各国は本研究と連携協力してこの開発活動を推進し、現在も継続中である。この一連の活動内容は、RADIOISOTOPES 誌の Vol. 64 (2015)「アジ

アにおける放射線中等教育への我が国の経験の活用と今後の展開」等に整理、公表されている。

#### ②教育ツールおよびモジュールの開発

##### a) 動画教材(日・英)

学校教育の現場では新たな実験ツール等の入手が現在でも困難な状況が続いているとのヒアリング結果から、学校関係者が web 情報プラットフォームを通じて無料で共有、使用することができる著作権のない放射線教育動画を策定し、提供することになった。これらはすべて日本語ベースの英語字幕付き動画であり、国内のみならず国外での展開も開発当初より強く意識された。これらの動画は放射線教育支援サイト「らでい」<http://www.radi-edu.jp/>で順次公開される。

##### 《放射線教育導入教材》

学校における放射線教育では、とかく放射線の基礎的な知識を短時間に詰め込む形式になりがちであることがわかった。児童や生徒の視点で、身のまわりの放射線の存在や利用の可能性、リスクの基本的な考え方について想像をかきたて、放射線授業の開始直前に関心と興味を誘導することを目的とした短編動画(5分程度)を開発、制作した。

##### 《放射線教育実施教材》

文部科学省による教育指導要領に準拠した動画や学校現場での放射線実験の実施に関する動画の提供について、教員からの要望が大変に強いことがわかった。既存の日本語版に英字幕を追加したものも含め、「指導要領に準拠した放射線基礎科学の解説(20分)」「放射線利用事例の紹介(30分)」「学校で実施できる各種放射線実験の紹介(各5分×6本)」を開発、制作した。

##### b) ワークシート(国内向け)

文部科学省による教育指導要領に準拠した放射線教育用のワークシート事例の提供について、教員からの要望が大変に強いことがわかった。放射線授業(主に中学理科を想定)の実施のなかで使用できる、ワークシートを開発、制作した。

##### c) 教育モジュール(日・英)

学校現場ですぐに導入できる放射線教育モジュールとして我が国で古くから実施されてきた「2時間放射線教育モデルモジュール(座学+霧箱実験+環境放射線測定実習)」等が前

述の IAEA Compendium で紹介された。放射線教育の実施において「Wow factor (新しい発見や驚きや魅力を感じる要素)」をモジュールにどう盛り込むかが大きなポイントであるとして、IAEA との連携協力のなかで多くの時間をかけて議論した。この日本型モジュールでは、簡単な放射線実験実習を組み込んだ点はそのひとつの解になっている。前述の新たに開発した大気圧 GM 計数管や放射線教育用動画、ワークシートをこのモジュールに組み込んで、国内の中学校、高等学校のみならず、フィリピン、インドネシア、マレーシアも、現在この日本型モジュールを試験展開し、経験と実績を積んでいる。

### ③社会心理分野

#### a) 科学リテラシー醸成活動の現状調査

原子力(あるいは放射線)事業所、事業者 PR 館、科学館、ラドン温泉組合(環境放射線)や自治体の環境政策・広報に関わる組織等の 10 施設を訪問し、ヒアリングした。STEM の視点でのアプローチがなされ、科学的基礎知識の普及についてどの施設も対象や目的に応じた工夫がみられた。たとえば出雲科学館は、市の教育予算で運営されている利点を活かし、学校の授業と連動した理科教育の拠点の役割も担っており、学習効果を飛躍的に高めていた。地域住民の生涯学習とも連携することで、科学リテラシー醸成についてより一層の効果が期待できる。

#### b) 効果的な実践

知識の普及や人材育成を効果的に実施するためには、活用する教育モジュールを適切に設計する必要がある。そのひとつの方法として、「シナリオ」作成に着目した手法が知られている。シナリオ作成においては、対象の「キャラクター」「背景」「事情」を事前に具体的かつ明確に設定する。この手法を放射線教育モジュールの策定に組み込んだ。また、対象の立場・背景・事情によって、リスクのとらえ方が多様化することが知られているが、シナリオ作成の段階でこのことを強く意識し、放射線リスクリテラシーの醸成を目的としたリスクコミュニケーション・ケーススタディ実践モジュールを開発した。これを複数回の学校教員研修で実践したところ、参加者が立場の違いによって多様な考え方があることに気づき、リスクコミュニケーションの必要性や、今後の放射線教育のあり方を深慮

するきっかけとなった、等の感想を得て、期待以上の効果がみられた。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

①飯本武志、島添健次、佐藤 泰; IAEA (国際原子力機関) -RAS0065TC の活動; 放射線; 41(2), 77-80 (2016)

②飯本武志、掛布智久、高橋 格、高木利恵子; アジアにおける放射線中等教育への我が国の経験の活用と今後の展開; RADIOISOTOPES, 64(12), 745-752 (2015)

③飯本武志; STEM 教育を基盤にしてリスクリテラシーの構築を; 予防時報; 267, 6-7 (2015)

④飯本武志、掛布智久、井畑太一郎; 放射線教育支援サイト“らでい”を利用した教育実践; Isotope News; 737(9), 70-72 (2015)

⑤飯本武志; 「放射線」を魅力的な科学教育のための代表的な実教材に; 放射線教育 Radiation Education, 18 (1), 43-44 (2014)

⑥飯本武志; 中高生のための原子力・科学技術教育プログラムの開発—IAEA 専門家会議の動向—; 日本原子力学会誌 (ATOMOZ), 57 (4), 276-277 (2015)

⑦飯本武志、藤本 登、中村尚司; 「高校生を対象とした放射線等に関する課題研究活動」支援事業の意義と今後の課題; RADIOISOTOPES; 63 (2), 93-102 (2014)

[学会発表] (計 12 件)

①尾崎哲、掛布智久、飯本武志、高木利恵子; 放射線の体験学習に適した簡易 GM 型放射線検出器の開発と実践 (II); 日本原子力学会 2016 年春の年会; 平成 28 年 3 月 27 日; 東北大学 (宮城県仙台市) (口頭発表)

②飯本武志; 放射線に関する基礎知識の普及と人材育成の現状と課題; 平成 28 年電気学会全国大会; 平成 28 年 3 月 8 日; 東北大学 (宮城県仙台市) (特別セッション講演)

③尾崎哲、掛布智久、飯本武志、高木利恵子; 放射線教育に適した簡易 GM 型放射線検出器の開発; 第 52 回アイソトープ・放射線研究発表会; 平成 27 年 7 月 10 日; 東京大学 (東京都文京区) (口頭発表)

④飯本武志、掛布智久、高木利恵子、高橋格、中村尚司、木藤啓子、渡部陽子、山下清信; IAEA アジア事業における我が国の放射線教育に関する経験の活用と今後の展開; 第 52 回

アイソトープ・放射線研究発表会；平成 27 年 7 月 10 日；東京大学（東京都文京区）（口頭発表）

⑤掛布智久、有馬朗人、清原洋一、立澤比呂志、伴信彦、飯本武志、尾崎哲、宮澤典夫、井畑太一郎；放射線教育支援サイト「らでい」における放射線教育ガイドラインの作成；第 52 回アイソトープ・放射線研究発表会；平成 27 年 7 月 10 日；東京大学（東京都文京区）（ポスター発表）

⑥尾崎哲、飯本武志、掛布智久、高木利恵子；空気 GM 型放射線検出器の開発について；日本保健物理学会第 48 回研究発表会；平成 27 年 7 月 3 日（金）；首都大学東京（東京都荒川区）（口頭発表）

⑦尾崎哲、掛布智久、飯本武志、高木利恵子；放射線の体験学習に適した簡易 GM 型放射線検出器の開発と実践；日本原子力学会 2015 年春の年会；平成 27 年 3 月 21 日；茨城大学（茨城県日立市）（口頭発表）

⑧Ai Shuhara, M. Ito, Y. Ishiguro, T. Iimoto, Y. Oshima；Development of Supporting Framework for Motivated High School Students' Research Activity on Environment Safety and Risk；ACSEL2014 (1<sup>st</sup> ASIAN CONFERENCE ON SAFETY AND EDUCATION IN LABORATORY)；平成 26 年 11 月 28 日；東京大学（東京都文京区）（ポスター発表）

⑨工藤和彦、木藤啓子、飯本武志、佐々木清、若林源一郎；初等・中等教育における放射線・原子力教育の状況；日本原子力学会 2014 年秋の大会；平成 26 年 9 月 9 日；京都大学（京都府京都市）（特別セッション講演）

⑩T. Iimoto；Nuclear Education for Young Generation Focusing Especially on Radiation - Introduction of Experiences of Japan -；Asian and Oceanic Congress on Radiation Protection (AOCR-4)；平成 26 年 5 月 15 日；PWTC (Putra World Trade Centre) Kuala Lumpur MALAYSIA (招待講演 Eye Open Lecture)

⑪T. Iimoto, S. Ozaki, T. Kakefu, S. Mikado；Development of Hand-Made Radiation Monitor for Radiation Education；Asian and Oceanic Congress on Radiation Protection (AOCR-4)；平成 26 年 5 月 14 日；PWTC (Putra World Trade Centre) Kuala Lumpur MALAYSIA (ポスター発表)

Lumpur MALAYSIA (ポスター発表)

⑫飯本武志；個人被ばく線量測定の基礎知識；環境放射能除染学会第 8 回講演会；平成 26 年 2 月 12 日；東京大学（文京区）（特別招待講演）

〔その他〕

ホームページ等

東京大学環境安全本部飯本研究室 HP

[http://iimoto-kankyoanzen.adm.u-](http://iimoto-kankyoanzen.adm.u-tokyo.ac.jp/index.html)

[tokyo.ac.jp/index.html](http://iimoto-kankyoanzen.adm.u-tokyo.ac.jp/index.html) の一部コンテンツ

放射線教育支援サイト「らでい」

<http://www.radi-edu.jp/> の一部コンテンツ

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

飯本武志 (IIMOTO, Takeshi)

東京大学・環境安全本部・准教授

研究者番号：80302678

### (2) 連携研究者

山西弘城 (YAMANISHI, Hiroki)

近畿大学・原子力研究所・教授

研究者番号：10240061

藤本 登 (Fujimoto, Noboru)

長崎大学・教育学部・教授

研究者番号：602274510

吉川肇子 (KIKKAWA, Toshiko)

慶応義塾大学・商学部・教授

研究者番号：70214830

三浦竜一 (MIURA, Ryuichi)

東京大学・研究推進 Gr 担当室・教授

研究者番号：00322074

林瑠美子 (HAYASHI, Rumiko)

東京大学・環境安全本部・助教

研究者番号：5050841

### (3) 研究協力者

掛布智久 (KAKEFU, Tomohisa)

高木 (森崎) 利恵子 (TAKAKI, Rieko)

尾崎 哲 (OZAKI, Satoru)

三門正吾 (MIKADO, Shogo)

高島勇二 (TAKAHATA, Yuji)

村石幸正 (MURAIISHI, Yukimasa)