

令和元年6月15日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H01813

研究課題名(和文) グローバルコミュニケーションに基づく体系的リスクリテラシー醸成手法の開発

研究課題名(英文) Development of Systematic Improvement Method of Risk Literacy Based on Global Communication

研究代表者

飯本 武志 (IIMOTO, TAKESHI)

東京大学・環境安全本部・教授

研究者番号：80302678

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,100,000円

研究成果の概要(和文)：アジア・太平洋地域への展開を強く意識し、放射線(能)をリスクソースの代表例題と位置づけて、リスクリテラシーの醸成手法を検討した。その研究成果は、リスクの認知と定量、リテラシー醸成に関するシステム開発、の2つに区分することができる。主にとして「空気GM計数管、NORM線源、ペルチェ型霧箱、簡易線量計(プラスチック式およびヨウ化セシウム式)、大気ラドン濃度測定器(半導体式2段フィルター法)の開発」、として、「同地域における放射線リスク教育に関する現状調査と教育効果測定の実施、地域標準を目指した教材・プログラム・モジュールの開発」を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

リスクリテラシーの基盤となるものに科学リテラシーがある。近年、STEAM教育(Science, Technology, Engineering, Arts and Mathをキーワードとした教育体系)を旗印に、各国独自の取り組みと、国際的な協力活動が知られている。この動向と強く連動して、国内のみならず、国際的な視点での手法を開発した点に大きな社会的意義が見出せる。またその研究プロセスで、リスクソースとしての放射線、放射能に関する認知、定量に強く関連付けられた数種の新たな測定器や機材を開発できたことは、科学技術的な意義が大きく、国内外の各方面から高く評価された。

研究成果の概要(英文)：In this study, radiation and radioactivity were regarded as representative examples of risk sources, and process of risk literacy improvement was discussed. It was strongly recognized that our research results would be applied in the Asia-Pacific region. The results can be divided into two categories. These are 1) recognition and quantification of risk, and 2) system development for literacy improvement; mainly as 1), "development of air GM tube counter, NORM radiation sources, Peltier-type cloud chamber, simplified dose-rate meters (plastic and CsI type), radon concentration monitor", and as 2), "surveys of status and effectiveness on radiation risk education in the region, and development of the regional models of educational materials, program and modules".

研究分野：放射線防護、放射線安全

キーワード：リスクリテラシー 原子力科学技術教育 放射線教育 STEAM

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

リスクリテラシーの基盤となるもののひとつとして科学リテラシーがある。関連の動向として、STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Math をキーワードとした科学教育体系) を旗印にした各国独自の教育現場における取り組みと、国際的な連携活動が知られていた。当時これらと連動して、国内のみならず国際的なレベルでのリスクリテラシーの醸成へとつながる魅力的な手法を求める強いニーズと動機づけがあった。

## 2. 研究の目的

本研究では、リスクリテラシー醸成の問題をより具体的に取り扱うため、ケーススタディとして「放射線リスク」を扱った。研究スコープと目的を明確にするために研究の全体を「ハザードとリスクの認知と定量化及び視聴覚化に関する研究」と「リスクリテラシー醸成システムの開発研究」の2分野に分割して研究計画を立案した。国内のみならずアジア太平洋地域諸国との新たな連携協力研究体制の構築を模索しつつ、グローバルな視点での挑戦的な研究アプローチを採用した点が本研究の大きな特徴といえる。

## 3. 研究の方法

「リスク認知と定量化研究」「リテラシー醸成システム開発」の2分野、についてはさらに～の3区分、は～の4区分、合計2分野7区分に分割して研究を遂行した。具体的には分野では、16～17歳世代のリスクリテラシー醸成を目的として、放射線(能)をハザードの典型例として位置づけ、その存在と量に着目して教育の現場で簡単に認知できる新しい手法を開発し(【放射能展開】大視野ペルチェ冷却式霧箱、NORM線源(自然起源の放射線源)空気GM計数管)また、放射線量をリスク表現のひとつと位置づけ、内部被ばくと外部被ばくに区別して、それぞれの評価にふさわしい、人材育成の現場で簡単に利用できる新たな測定機材を開発した(【外部被ばく展開】次世代放射線教育用簡易線量率計、【内部被ばく展開】大気ラドン濃度測定器)。分野では、分野で開発したものを有効に現場展開するために【調査】各国の現状調査、【プログラム等開発】グローバル教材となる英語版教材の開発、【効果測定、費用便益分析】効果測定と費用便益分析手法の開発、【他分野展開】他リスク分野への適用性検討、に分割して研究を進めた。

## 4. 研究成果

ここでは特に国際社会から高い評価を受けた以下の6項目に絞って、その概要を紹介する。

### 4.1 大視野ペルチェ冷却式霧箱の開発【 】

霧箱は、過飽和状態のアルコールの中を放射線が通った際にできる白い筋を「飛跡」として観察することのできる実験器具である。観察面を約 - 20 以下に冷やす必要があるが、いくつかのアジア太平洋地域諸国ではドライアイスの手入に大きな困難があった。ここでは、観察面周囲の断熱構造設計や白い筋を照らす照明などを工夫することにより、広い観察面(75 mm)を有するペルチェ冷却式霧箱を開発した。ペルチェ素子の冷却面の上に薄いアルミ板を張り付けて断熱構造をもつ観察面とし、超高輝度LEDを導入することで暗室を不要とした。この装置でアルファ線だけでなく、ベータ線なども観察可能である。

### 4.2 NORM線源(自然起源の放射線源)の開発【 】

身のまわりのすべての物質には、多かれ少なかれ自然起源の放射性核種( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  など)が含まれているので、広義には「すべての物質がNORM」ということができる。教育現

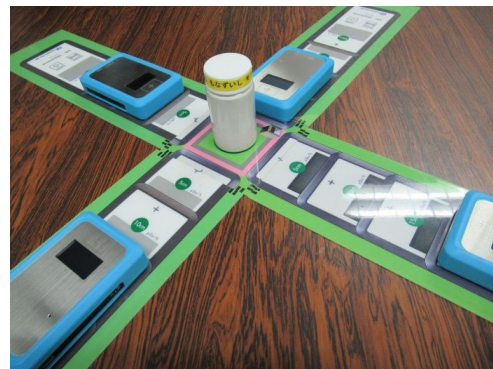
場からの強い期待として「どこでもだれでも使用できる、実験用の放射線源を開発してほしい」があった。カリウム肥料や乾燥コンブなど、自然起源で比較的放射能濃度の高いことが知られている身近な物質が教育実験用の放射線源として使用できる可能性がある、が研究開発の動機となった。本目的のために設計製作された線源圧縮成型機を用い、理科実験用の塩化カリウムや食用昆布ふりかけ、放射能温泉の湯の華などの粉末を厚めの500円玉型の線源にすることに成功した。ベータ線源としては、端窓型GM計数管による基礎的な放射線実験（遮へい、距離減衰）をするうえで必要となる十分な計数が期待できるレベルが得られた。

#### 4.3 空気GM計数管の開発【 】

一般に広く知られている「空気+ボタン」系の「大気圧空気GM管」の仕組みを基盤にして、児童・生徒でも自力で工作できることをコンセプトに、新しい教育用空気GM計数管を開発した。放射線測定器としての基本構成は、蓋付きの円筒形透明プラスチック・ケースを計数管容器、ステンレス鋼の細線をアノード（ユニット化）、黒画用紙をカソードとして設置し、安全性に配慮したプラグ・イン方式を採用、高圧電源には最高6,000Vの可変電圧を用意した。教育の目的、参加者の知識や技術の到達レベルに応じて、必要に応じて放射線計数管の各要素の製作や組み立て作業を教育プログラムに加えることができるように工夫した。計数管内に少量のボタンを注入した後に蓋をして動作させ、放電電流を電圧に変換してそのパルスクリスタル・イヤホン（またはアンプとスピーカ）で計数音として認識することも可能である。

#### 4.4 次世代放射線教育用簡易線量率計の開発【 】

アジア太平洋地域諸国との技術協力活動を通じて、サーベイメータの小型化や低コスト化に関する多くの要望を受けた。日本における新しい学習指導要領（2016年公開、2021年導入）の記述に、ICTの活用が謳われていることも併せて勘案し、教育現場での利用に特化した次世代型放射線教育用簡易線量率計（KIND-mini（プラスチックシンチレータ利用：初等中等教育用）、KIND-pro（CsI（Tl）シンチレータ利用：中等高等教育用））を開発した（写真参照）。KIND-miniではワンタッチでの線量・計数率の表示のみを標準とし、比較的若年層をユーザーに想定して、取り扱いの簡便さを最優先するために放射線計測器としての機能を最小限に抑えている。一方KIND-Proでは感度の向上を図ると共に積分時間の変更や信号の出力を可能にするなど、多岐にわたるユーザーの使用形態、教育目的に応えるための多くの追加的な機能を標準実装している。教育現場にICTを導入する流れは世界各国でも早い時期に広がっていくはずで、ここで開発した次世代型線量率計はその一助になると確信している。



#### 4.5 大気ラドン濃度測定器の開発【 】

ウラン壊変系列に属し、大気中に存在する放射性核種の大半を占めるラドン族濃度を測定できる新たな測定器を開発した。既存のラドン濃度測定器の特徴を詳細に精査し、ここでは2段階フィルター法をベースとしたプロトタイプ装置を製作した。各種特性試験により、適切なフィルターの選定、検出器と2段階目のフィルター間の最適間隔の決定、 $^{218}\text{Po}$ の観測領域計数からのラドン濃度への変換係数の決定、湿度変動による影響、検出限界濃度、等を確認

した。また、測定器の1段目フィルターを省いて空気中に存在するすべてのラドン壊変生成物濃度測定にも適用可能とするための追加的な特性試験も実施し、前述の に加えて、検出器と2段目のフィルター間の間隔の決定、 $^{214}\text{Po}$ の観測領域計数からEEC(平衡等価ラドン)濃度への変換係数の決定、エアロゾルの存在による影響、等を確認した。以上より、このプロトタイプが目的に適合する性能を有し、かつ、より広範な用途への可能性が確認できた。

#### 4.6 グローバル教材となる英語版教材の開発【 】

放射線基礎教育の授業のまとめとして利用することのできる魅力的な英日2カ国動画(10話)を企画、製作した。1話当たりを60~90秒程度とし、アルファ線、ベータ線、ガンマ線を人物に見立て、授業に参加した聴講者(児童、生徒、教員ら)が動画の登場人物のひとりとして各放射線になりきり、学んだ内容をユーモア交えて整理する形式で各種テーマが展開される。10話の各テーマタイトルは「Alpha(アルファ線の特徴)」「Go for it, Beta!(ベータ線の特徴)」「I'm ... gonna win!(放射線の遮へい)」「Hide and seek(自然放射能)」「Can you see us?(放射線の透過性)」「Who I wish to be(エックス線の特徴)」「A broken heart(放射線利用)」「Travel planning(自然放射線)」「Let's make a band(放射線利用)」「Space travel(自然放射線)」。視聴後に、放射線の基本的な特徴や自然放射線、利用の例などがひと通り整理できると共に、動画内に隠された作り手からの教育的メッセージを聴講者間で議論できる点に工夫と特徴がある。

#### 5. 主な発表論文等〔雑誌論文〕(計22件)代表的な論文を以下に示す。

- ✓ Katengeza, E., Ozaki, S., Kato, T., Kakefu, T., and Iimoto, T.; Preliminary Evaluation of a Hand-made Radiation Monitor's Potential for Providing Energy Information as an Additional feature for Secondary Level Radiation Education; Radiation Protection Dosimetry (2019) (In press)
- ✓ Yu Igarashi, Takahiro Nozaki, Hiroyuki Mizuno, Tomohiro Kuroki, Yuki Uchida, Mirosław Janik and Takeshi Iimoto; PRELIMINARY TECHNICAL DISCUSSION ON A NEW RADON AND ITS PROGENY CONTINUOUS MONITOR USING TWO FILTER METHOD, Radiation Protection Dosimetry (2019) (In press)
- ✓ Takehiro Toda, Md. Mahamudul Hasan, Yu Igarashi, Estiner W. Katengeza, Takeshi Iimoto; DEVELOPMENT OF A PELTIER TYPE CLOUD CHAMBER WITH WIDE VIEW FIELD, Radiation Protection Dosimetry (2019) (In Press)
- ✓ Takeshi Iimoto, Ryuta Takashima, Hiroshi Kimura, Kazuhisa Kawakami, Hironori Endo, Hiroshi Yasuda, Natsuki Nagata, Noriaki Sakai, Yumiko Kawasaki, Makoto Funakoshi; Results and Discussion on Japanese Public Opinion Surveys (2006-2017) about Nuclear and Radiation Applications; Radiation Protection Dosimetry, (2019) (In press)
- ✓ Ryuta Takashima, Mari Ito, Takanori Chida, Toshiyuki Watanabe, Takahiko Toyama, Taira Yaginuma, Takahiro Anzai, Toru Hiyama, Takeshi Iimoto, Hirofumi Fujii; Evaluation and Statistical Analysis of the Use of Infographics in Radiology Education; Radiation Protection Dosimetry; Published online: 26 April 2019.
- ✓ Takeshi IIMOTO, Tomohisa KAKEFU, Rieko TAKAKI, et.al.; Experts Activities and Development for NS&T HRD Focusing on Secondary School Levels in Asia Pacific

Region \_Case of Japan; Journal of Radiation Emergency Medicine, Vol.8 (1),33-38 (2019)

- ✓ 飯本武志、高木利恵子、掛布智久、戸田武宏、高橋 格、若林源一郎、飯塚裕幸、真壁佳代、小足隆之；アジア太平洋地区における中等学校 NST 教育の新たな展開と日本の役割；環境と安全；9(3), 1-7 (2018)
- ✓ 飯本武志、高木利恵子、掛布智久、戸田武宏、高橋 格；アジア太平洋地区の中等学校における原子力科学技術教育の展望と課題；保健物理；52(2), 107-113 (2017)

〔学会発表〕(計 55 件) 代表的な発表を以下に示す。

- ✓ Takeshi IIMOTO, Tomohisa KAKEFU, Takehiro TODA, Takao KAWANO, Itaru TAKAHASHI, Rieko TAKAKI, Valerie SEGOVIA, Cassandra CASEY, Rhodora LEONIN; Development of Radiation Education Tools Based on Feedback from Asian Countries' Activities; AOCRP5 (The 5th Asian and Oceanic IRPA Regional Congress on Radiation Protection); 2018 年 5 月 20 日 ~ 5 月 24 日; Melbourne Convention & Exhibition Centre
- ✓ T. Iimoto, R. Takashima, H. Kimura, K. Kawakami, H. Endo, H. Yasuda, N. Nagata, N. Sakai, Y. Kawasaki, M. Funakoshi; Results and discussion on Japanese public opinion surveys (2006-2017) about nuclear and radiation applications; 2018 年 9 月 24 日 ~ 9 月 27 日; Hirosaki University; ICHLERA2018 (9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas - For Understanding Chronic Low-Dose-Rate Radiation Exposure Health Effects and Social Impacts); 2018 年 9 月 24 日 ~ 9 月 27 日; Hirosaki University
- ✓ T. Iimoto, S. Kukita, K. Tanoi and T. Tera; Challenges on radiation safety culture improvement in UTokyo -Kick-off activities led by radiation safety promotion Manager (RSPM) -; ACSEL 2018 (The 5th Asian Conference on safety and Education in Laboratory); 2018 年 11 月 21 日 ~ 11 月 22 日; Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University
- ✓ Takeshi IIMOTO, Kazuhisa KAWAKAMI, Hiroshi KIMURA, Masayuki TOMIYAMA, Noriaki SAKAI, Itaru TAKAHASHI, Yumiko KAWASAKI & Makoto FUNAKOSHI; Transition of Public Awareness and Its Factor Analysis Concerning Nuclear Energy and Radiation Application Based on Japanese Nationwide Fixed-Points Poll, IRPA 14th (14th International Congress of the International Radiation Protection Association), 2016 年 5 月 9 日(月) ~ 5 月 13 日(金), 南アフリカ・ケープタウン国際会議場 (Cape Town International Convention Centre, South Africa)

〔その他〕

(1) 受賞

- ✓ 平成 29 年度 (2017 年) 日本原子力学会保健物理・環境部会 学術貢献賞千葉県柏市の環境放射線対策支援における保健物理・環境科学分野の専門的貢献
- ✓ Best Poster Award, ACSEL 2017 Development of Modules and Tools for Improvement of Public Radiation Literacy 4th Asian Conference on Safety and Education in Laboratory

## (2) 国際ワークショップの主催

### ✓ Tokyo WS 2017

本研究の中間報告会と位置づけ、IAEA アジア太平洋技術協力部の協力を得て以下のワークショップを主催した。

平成 29 年 3 月 27 日～3 月 32 日、於：東大（本郷）

後援：外務省、文部科学省、他。参加者 7 カ国 9 名（国外）38 名（国内）

主なプログラム： (1) 各国動向整理 (2) 公開シンポジウム (3) タスクグループ（放射線教育、原子力教育）

### ✓ TTWS 2019 JPN (Train Trainers Workshop 2019 Japan)

本研究 3 年間の集大成として、IAEA 技術協力プログラムの一環としての以下のワークショップを主催した。

平成 31 年 2 月 18 日～3 月 1 日、於：東大（本郷）・JAEA（東海）

後援：外務省、文部科学省、他。参加者 15 カ国（含 IAEA）20 名（国外）55 名（国内）

主なプログラム： (1) 基礎講習 15 講座 (2) 実習講習 3 講座 (3) 応用展開（原子力関連施設群の見学、4 つの特別講演、3 日間の教育的視点に基づく特別セッション）

The Journey to 1,000,000: IAEA Organizes the Third Training Course in a Series Which Aims to Teach a Million Students about Nuclear Science

(<https://www.iaea.org/newscenter/news/the-journey-to-1000000-iaea-organizes-the-third-training-course-in-a-series-which-aims-to-teach-a-million-students-about-nuclear-science>)

## (3) IAEA 総会での本研究活動の紹介

✓ 第 60 回総会サイドイベント(アジア太平洋地域協力部主催)Introducing Nuclear Science and Technology in Secondary Schools (2016 年 9 月 26 日)における招待特別講演とパネリストを務めた(飯本武志)

✓ 第 61 回総会における外務省 2017 年公式報告講演で使用された動画の中で、本研究活動が紹介された <https://www.jaif.or.jp/IAEA2017/mofa.html>

## 6. 研究組織

(1) 研究分担者 該当なし

(2) 研究協力者（連携研究者）

研究協力者氏名：鈴木 崇彦

ローマ字氏名：(SUZUKI, Takahiko)

研究協力者氏名：若林 源一郎

ローマ字氏名：(WAKABAYASHI, Genichiro)

研究協力者氏名：飯塚 裕幸

ローマ字氏名：(IIZUKA, Hiroyuki)

研究協力者氏名：高嶋 隆太

ローマ字氏名：(TAKASHIMA, Ryuta)、 他 7 名（全 13 名）

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。