

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501049

研究課題名(和文)放射線と放射性物質についての教育方法の研究－「見えない」ものを見せるために－

研究課題名(英文)Physics education for radiation and radiative matter

## 研究代表者

田村 圭介(Tamura, Keisuke)

福井大学・医学部・教授

研究者番号：30212046

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、「見えない」放射線や放射性物質を「見せる」ことが目的である。  
(1)「放射線」および「放射性物質」に関わる現象について、体系化された実験の集合体を構築し、それらを用いて曖昧さのない理解が可能となる教育方法を開発し、その成果を大学初年度、初等・中等教育、一般社会人を対象とした講義や公開講座で実践する。  
(2)シンチレータ検出器はガンマ線を測定するために不可欠である。本研究において、低線量の放射線計測に特化したシンチレータ検出器を開発し、また、エネルギースペクトルの意味を理解するために、測定結果と直接比較できるようなシミュレーション・ソフトウェアを開発する。

研究成果の概要(英文)：This project develops methods to show the “invisible” radiations and radiative matters.

(1) To discuss and show the effects on radiations and radiative matters, we developed experimental methods and devices. We also apply our experiments for lectures of university and extension courses for students, parents and teachers.

(2) Scintillation detectors are necessary for detection of gamma ray. We developed detector system only for low level radiation. And we arranged simulation softwares to show the meaning of energy spectra.

研究分野：物理教育 原子核物理

キーワード：放射線計測 物理教育 公開講座

## 1. 研究開始当初の背景

放射線にまつわる研究、技術は、まちがいなく、20世紀を大きく動かした。それは「極微の世界への道標」であり「巨大なエネルギーの担い手」でもあった。そして、今日21世紀において、ナノテクノロジーやライフサイエンスを巻き込んで、さらに大きな役割を果たそうとしている。

福島第1原子力発電所の事故による災害は、これから50年もの年月をかけて乗り越えなければならない課題を出現させた。また、これからのエネルギー源としての原子核反応の位置付けは大きく変更されようとしている。これらの問題は現代では閉じず、次世代あるいは、その先へと委ねなければならない。

折しも、中学校での理科教育において放射線にかかわる項目が付け加わり、段階的に高等学校での指導も見直されることになる。これは、「ゆとり教育」の流れの中、約30年ぶりに放射線についての学習が復活することを意味する。現在40歳前半までの教員は、中学校時代に「原子の構造」や「放射線」を学んでいない。このため、放射線にかかわる教育を実施するにあたり困難を覚える教員も多い。このような環境におかれる次世代を担う子供達に、「放射線」および「放射性物質」に関する基礎的な知識と経験を伝えることは現代の責務である。

本研究グループは大学初年度の物理教育を担当している。その中で、演示実験を用いて、基本的自然法則と応用例を、正しい論理展開によって接続して実証することに重きをおいている。そのための講義(授業)を組立て、演示実験装置の開発を行なっている。このような演示実験を重視した講義は、学生の学習意欲向上、物理的概念の把握に高い効果がある。さらに、本研究グループは、これまでに開発・製作した演示実験装置を用いて、本大学周辺地域の小・中学生を対象に公開講座や出前授業を行ない、開発した演示実験を体験してもらっている。これにより、様々な年齢層の子供の反応を調査し、理解が困難な演示実験についての改良を行っている。これらの活動は「大学等地域開放特別事業」「地域科学技術理解増進活動推進事業」「科学研究費」の援助によって、平成13年度から継続して行なっているものである。また、平成19、20、23年度の「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト」において、放射線に関する教育活動を高校生及び中学生を対象として実施した。

「放射線」についての教育を、初学者を対象として実施するためには、物質の成り立ち、電子の性質、電気の現象、原子の構造などの基本事項を、実験を交えて解き明かしていくことが重要であった。

現在、放射線被曝の問題への対応が急務であり、「放射線」および「放射性物質」についての知識が強く求められている。さまざま

な経路から多くの情報が流布されているが、断片的な知識はより混乱を深める。「放射線」および「放射性物質」に関わる現象を、順序立てて、平易な言葉で、目で見るができるように解説する手段が必要である。また、「放射線」を計測することについて、どのような方法で、何を、どのような精度で行うのかを明解にすることも求められる。さらに、放射線計測装置については、必要とされる精度の測定ができ、簡明な結果の理解が可能で、装置が安価であることが重要である。

## 2. 研究の目的

本研究は、「見えない」放射線や放射性物質を「見せる」ことを目的とする。

(1)そのために、「放射線」および「放射性物質」に関わる現象について、体系化された実験の集合体を構築し、それらを用いて曖昧さのない理解が可能となる教育方法を開発し、その成果を大学初年度、初等・中等教育、一般社会人を対象とした講義や公開講座で実践する。実験の集合体として、

原子の構造、放射線および放射性物質、計測装置と測定、加速器による放射線の現象と概念を説明するためのものを準備する。「加速器による放射線」では、基礎研究、応用研究、放射線がん治療などにおける放射線利用を取り上げる。

(2)シンチレータ検出器はガンマ線を測定するために不可欠である。本研究において、低線量の放射線計測に特化したシンチレータ検出器を開発し、測定結果のエネルギースペクトルをUSB接続可能な情報端末などに表示できるようにする。また、エネルギースペクトルの意味を理解するために、測定結果と直接比較できるようなシミュレーション・ソフトウェアを開発する。

## 本研究の特色について

「見えないものは理解できない」との言は、本研究グループが担当する大学初年度教育の場で頻りに聞く。放射線に係わる誤解や流言には「見えない」ことに起因する事柄が多い。放射線を「見る」ためには、放射線の種類、放射線の強度、放射線のエネルギーを知る必要がある。簡易な計測においては種類と強度が測定されるが、放射性物質の核種を特定するためにはエネルギーの測定が必須である。また、被曝について問題となるガンマ線の場合、いかに大きなシンチレータ結晶を準備できるかが正否の鍵となる。したがって、周辺装置は確実に安価なものが望ましい。本研究では低線量計測を目的として放射線計測に必要な電子回路を開発する。本研究で開発する教育プログラムと計測装置を、本研究グループが担当する大学初年度の教育において適用する。また、長期間継続開催している公開講座や、初等・中等教育機関での出前講義の場においても活用する。これ

らの実践結果をもとにして、内容や装置の改良をおこなう。

以上のような開発能力と実践の場を有していることが本研究グループの特色である。さらには、このような研究活動を、有数の原子力発電所立地県である福井において実施することは有意義である。

### 3. 研究の方法

#### (1) テーマの整理と精選

原子について学習していない中学生を対象として、演示実験の接続によって原子、電子、原子核、放射線の理解へ導くための体系を構築する。全体の流れが簡明で、論理展開に曖昧さがないように、テーマの整理と精選を行なう。大きく7つのテーマ

物質のなりたち

水素と酸素の燃焼、炭素の燃焼と二酸化炭素、状態変化、単一種ガスの質量測定、ゴム膜の透過、電気分解、走査型顕微鏡による原子の像

電子の性質

電子の加速と磁場中の軌道、イオン化、電池

原子の構造

原子線スペクトル、線による散乱

X線

X線の発生、吸収と透過

放射線

磁場中の放射線、放射線の散乱、放射線の吸収

放射線計測

各種検出器、エネルギースペクトル、コンプトン散乱、光電効果、光電子増倍管

放射線の利用

加速器、人工放射線、基礎研究、

応用研究、細胞と放射線の相互作用

を設定して、基本的現象や法則、概念を網羅できるように配慮する。実験によって直接観測が困難な事象は、事前観測の映像あるいはグラフィックスを用いたコンピュータ・シミュレーションによって提示する。

#### (2) 演示実験装置の開発と改善

演示実験に用いる装置には

- ・構造が簡単で機能が容易に把握できること
- ・実験条件の変更が容易であること
- ・多く的人数で実験が観察できること
- ・安定して動作すること

の条件がも定められる。これまでに、様々な演示実験装置が開発され、市販もされているが、すべての条件を満足するものは少ない。また、新たな実験方法、実験装置を世に問うことは重要である。なお、想定される演示実験の一部は、本実験グループが、これまでに、開発もしくは購入したものが使用可能である。

#### (3) シンチレータによるガンマ線計測

放射線の種類や強度を測定には様々な方法がある。とくにガイガー・ミュラー計数管や小型シンチレータを用いた計測装置は、比較的安価で市販されている。しかし、食物にまつわる内部被曝の問題などにかかわる場合、放射線が持つエネルギーを測定し、放射線を放出する原子核の種類を特定する必要がある。この場合、シンチレータは十分な大きさでなければ正しい測定をすることができない。このため、市販の装置は高価で大型のものとなり、簡単に入手することはできない。しかしながら、食物による内部被曝のような問題の場合、低線量の測定だけが求められる。汎用の測定装置は様々な状況への対応が求められるが、低線量測定のみに関心するならば、すべての性能は必要ではない。以上の理由によって

・光電子増倍管の出力信号から、信号の大きさと頻度を読み取るための確実で安価な電子回路を作成する。

・簡易で安価な電子回路とするために、汎用のアナログ-デジタル変換素子を用いて、デジタル信号をUSBプロトコルで出力する。

・放射線のエネルギースペクトルを、情報端末などでグラフ化できるように、表示用ソフトウェアを作成する。

・放射線がシンチレータ内で起こす現象(コンプトン散乱、光電効果、それらの多重過程)を理解し、実際に測定されるスペクトルと比較できるように、簡便なシミュレーション・ソフトウェアを開発する。

#### (4) 外部教育機関および一般社会人を対象とした出前講義と公開講座

小・中・高等学校、教育委員会などの外部教育機関と連携して、本研究で開発した演示実験装置とガンマ線計測装置を用いた教育プログラムを実践する。さらに、社会人を含めた広い年齢層を対象とした公開講座を開催し、装置やプログラムの改善に資する。

### 4. 研究成果

#### (1) 放射線測定装置の開発

シンチレータ(CsI 27cm<sup>3</sup>)やフォトダイオードを用いたガンマ線検出器および波高分析回路を開発した。これらの検出器で放射性Cs分析用玄米を用いた測定を行い、所定の分解能でスペクトルを取得できることを調べた。

#### (2) 実験課題と装置の開発

放射線による現象は、数多くの物理法則が関与する複雑なものである。近年、多くの実験教室が開催されたり、テレビ番組で実験ショーが放映されている。科学への興味を呼び起こす役割を果たしているが、脈絡のない現象の羅列に終わることが多い。本研究グループは、論理的に接続された実験課題と装置を開発し、物理教育に供している。

(3) 公開講座および社会貢献  
開発した実験課題と装置を用いて、福井大学で公開講座を開催した(表1)。平成26年度については、児童科学館(エンゼルランド)で実験教室を開催し多数の参加者を得た。また、宮崎小学校(福井県越前町)の5,6年生を対象(生徒と保護者130名)として放射線についての授業を実施した。この授業においては、100台程度の放射線検出器(シンチレータとGM管)を準備し、参加者にカリウムとウラン由来の放射線測定をさせた。放射性物質の量と係数率の関係とシンチレータとGM管による放射線検出効率の違いを説明した。

表1：平成24年度～26年度の公開講座開催

	開催回数	参加人数
平成24年度	7	377
平成25年度	9	456
平成26年度	8	370+420+130

福井大学で開催する公開講座は今後も継続する。また、これまでの研究活動によって多くの教育機関や組織との連携を構築してきた。さらに、報道機関の要請に応じて物理現象の解説に協力した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

内田聡子、小鍛冶優、田村圭介、サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト「放射線から見る科学と技術の最前線」実施報告、大学での物理教育、査読有、18巻、2012、113-117

[その他]

ホームページ：[wakuwaku.med.u-fukui.ac.jp](http://wakuwaku.med.u-fukui.ac.jp)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

田村 圭介 (TAMURA, KEISUKE)

福井大学・医学部・教授

研究者番号：30212046

##### (2) 研究分担者

大垣内 多徳 (OGAITO, TATOKU)

福井大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：70291375

内田 聡子 (UCHIDA, SATOKO)

福井大学・医学部・助教

研究者番号：60334843