

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：12611

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501091

研究課題名(和文)小中高等学校の教育現場で活用可能な「目に見える放射線検出教材」の開発と実用化

研究課題名(英文)To develop practical training materials visually for school students

研究代表者

古田 悦子(FURUTA, Etsuko)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・講師

研究者番号：40422563

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：学校教育現場で活用可能な、放射線教材の開発とその運用方法についてまとめた。単純な画像やパレットなどに詰めた塩化カリウムからの自然放射線は、放射性物質を含むか否かの測定に向いており、1～2講義時間でその違いを示すことが可能であった。高価な機器ではなく、簡易被ばく量計での測定で可能であった。その他、ゲーム感覚で放射性の鉱石を探す、PET診断や厚さ計のメカニズムを教えることが可能な教材を開発した。これらの結果を活用した実践教育を4回実施した。短時間で全てを教えることは不可能であり、最短の場合50分の講義と簡易実習であったが、興味を抱かせることは可能であり、どのような教材を用意するかが重要であった。

研究成果の概要(英文)：Practical training materials of radiation teaching were developed for elementary school, junior high school and high school students. A simple structure in a complex picture and/or a pallet, which were made from potassium chloride, emitted beta / gamma-rays and it was easy to measure them with a handy type pocket dosimeter. The training was possible to finish within 40-90 min. To have an expensive machine was not easy for schools; a cheap handy type pocket dosimeter was enough to teach specialty of radiation. It was fun for students to check radioactive minerals with a dosimeter as a game. Furthermore, KCl in a cardboard body to explain PET treatment were effective. I practiced a lecture and a training 4 times to use these training materials, and the students, from elementary school to high school, were interested in radiation measurement. It was very important what kinds of materials were prepared and how to use them.

研究分野：放射線計測学

 キーワード：理科教育教材 塩化カリウム 画像化 簡易被ばく線量計 ベータ線測定 どこだゲーム 模擬PET診断
 空気中放射性物質

1. 研究開始当初の背景

(1) 2011年に発生した大地震に伴い起こった福島第一原子力発電所事故により、多くの人々が放射線に対する恐怖に陥り、放射能が1ベクレルでも存在したらいやだという反応を示した。

(2) 自然放射線(放射能)が存在するのだと専門家が語っても、信頼関係がなく、信じてもらえなかった。

(3) (1)、(2)の現象は、長年に渡り、放射線教育が行われてこなかった結果である。一方、チェルノブイリ原発事故後に、小学生から放射線教育を行ってきたハンガリーでは、過剰反応である墮胎が殆ど行われることがなかったと聞く。すなわち、小さい時からの、放射線教育が極めて大切と考えられる。

2. 研究の目的

(1) 放射線教育を小学生から始める。五感で感じることができない放射線の理解は、難しい。そこで、理解しやすい「目に見える放射線検出教材」を開発する。

(2) 「目に見える」機器は既に存在するものの、高額では、各学校現場で揃えることは不可能である。従って、如何に安価にそろえられるかをめざす。

(3) 単に教材を作るのではなく、学校教育現場で活用可能な、45-50分で終了可能なプログラムとする。この際重要なポイントとして、楽しむことを目指す。

3. 研究の方法

(1) 過去に既に使われている、あるいはweb上で提案されている事例を検討する。この検討では、短時間でできるか、容易に放射線源が入手可能か、その放射線源による「被ばく」の恐れはないか、放射線障害防止法に抵触することがないか等に視点を置く。

(2) (1)をさらに、改良できる場合は、改良版を考える。

(3) 放射線の基礎内容の説明に不可欠な項目を考え、これが簡単に行える教材であって(1)に該当するもの、あるいは新たに考えうるものを検討する。

4. 研究成果

(1) インターネット上で散見できる実習内容の検証

CCDカメラによるアルファ線の可視化; CCDカメラによる線の撮影結果と、その線源の模式図を図1に示す。CCDカメラは普及しどこの誰でも準備可能であるものの、線源としては、 ^{241}Am (アメリカシウム-241)のチェックソースが必要であった。すなわち他の生活

圏内に存在するアルファ線源(ノーム一般消費財)では、長時間を掛けても、撮影不可能であった。このチェックソースは、放射能の半減期が432.2年と長いため、一旦購入すると永久に使用可能であるものの、そう安くはないこと、さらにこの撮影には暗室が必要なことなど、どこの教育現場でも可能とは言い難かった。

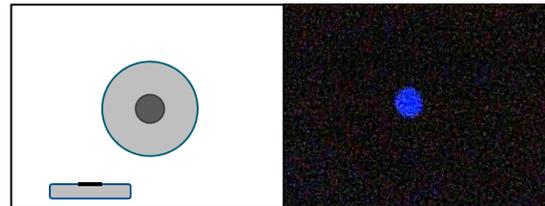


図1 線源模式図(左)と実写

webカメラによる放射線源の画像化; これは線源として放射性のガスランタンマントルを用いた例であり、webカメラが安価であるため検討したが、画像を得ることは出来なかった。

安価な簡易線量計を用いた測定実習; 塩化カリウム試薬(GMサーベイメータで充分測定可能)が測定できるかを試みたが、長時間を要し、1~2講義時間で画像化や分布の違いを求めることは不可能であった。

(2) GMサーベイメータ TGS-133を用いた画像化; 図2に、「ひよこ」の画像化例を示す。

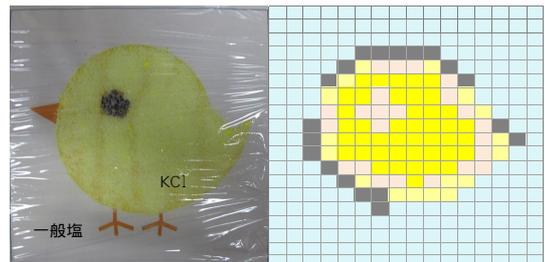


図2 一般塩とKCl塩の違いの画像化

尻尾の跳ね上がりは示せないものの、目の部分は計数が少なくなった。誰もが認識できる単純な画像を選択すれば、放射線源とそれ以外の部分が、測定により区別できることを示すことが、短時間でも可能であった。

(3) 簡易被ばく線量計による測定

分布の画像化; GMサーベイメータを教育現場で多数揃えることは難しいと考えられるため、安価な簡易被ばく線量計や貸し出し用の線量計などで可能な、放射性物質の分布をスキャンする教材を、使い捨てパレットに、普通の塩、「減塩やさしお」とKClを用いて作成した。パレットの模式図とスキャンの結果を図3に示す。上記(2)同様、見た目にはわからない違いが、はっきり観測できた。この測定には、Inspector, PrypyatおよびGMサーベイメータを用いたが、はかる君ベータ線用であっても可能であっ

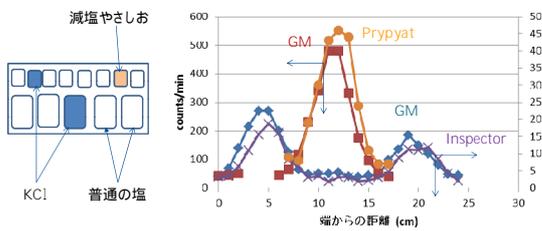


図3 パレット模式図とスキャンニング結果

た。ただし、小学生では、グラフを書かせることが難しい面があり、短時間で終了させるための工夫が必要であった。一方、減塩やさしおも十分測定出来たことから、中学生レベルであれば、減塩の意味合いまでも教えることができる。以上により、見た目とは関係なく放射線は測ればわかることが示せる。

鉱石や積み木を用いたどれだ(どこだ)ゲーム；図4に示すような、一般の石の中から放射性の鉱石を探すことを行った。(当初、鉱石の数を20個程度/1グループと想定したが、の測定器とは異なり、慣れるのに時間がかかることが分かり、5個とした。こうした調整で、1講義時間で終了させることができた。)ここでは、ガンマ線の測定になり、

のベータ線の測定とは異なる簡易測定器を用いており、中学生にはその違いを考えさせることができた。さらに自然放射性物質が、一部の鉱石には含まれていること、発展させて、どのようなものに多く含まれている可能性があるのかなどを考えさせることができた。ただし、かつて容易に購入可能であった「放射性鉱石」は、紛争国が主要産地であるためか、入手が困難になっており、種々集めることは難しかった。



図4 鉱石を用いたどれだゲーム

一方、理科教材を扱う専門店では「モナザイト」(トリウム鉱石)が入手可能であった。また、KCl試薬を糊で木製積み木のある面に付着させ、おにぎり用ラップ(絵が付いた不透明なラップ)で包むことで、小学生の興味を引くことができ、各面の放射線量を測定することができた(図5)。以上は、ゲーム感覚でワイワイにぎやかに実行することができ、飽きる様子は見受けられなかった。なお、鉱石見本は数十個を1組として千円以下程度で購入可能であった。



図5 どこだゲーム用積み木

PET 模擬診断；放射線の有効利用として、医学診断が挙げられるが、なかなか理解は難しい。そこで、PET 診断とは何かを説明するために人体図に注射器を取り付け、放射性薬剤を体内に入れること、それによってある種の薬剤はがん細胞に集積し、外部から人体を外科的手法で傷つけることなくどこにがん細胞があるのか知ることができることを説明した。(厚紙を裏からくり抜き1臓器にKClを入れたものである。)

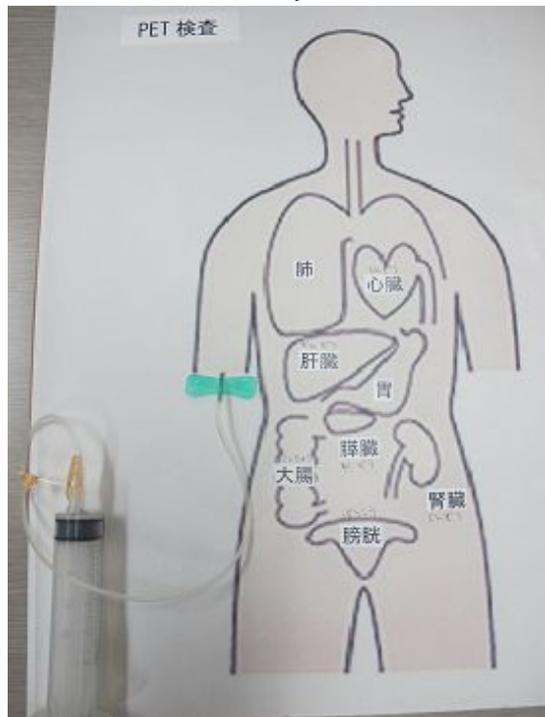


図6 PET 診断説明、測定用人体図と注射器

ゲームも楽しんだが、こうしたリアルな測定には、真剣に取り組めた。

風船・掃除機を用いて集めた空气中放射性物質の測定；この手法自体は古くからおこなわれているが、一般に、風船か掃除機を用いており、この2者で集められる自然放射線の種類の違いがあることはあまり知られていない。これを明らかにし、論文とした。その主な違いを図7に示す。この違いを利用し、

放射線の遮蔽効果を学ぶことができた（紙、アクリル板、アルミホイル、アルミ板、薄い鉛、厚い鉛）。厚いと良くさえぎる、あるいは「鉛」であれば何でも遮蔽できるといった誤解をしている中学生もいたが、現実に測ってみることで、その違いが実感できる。実習後の説明には、納得できている様子であった。

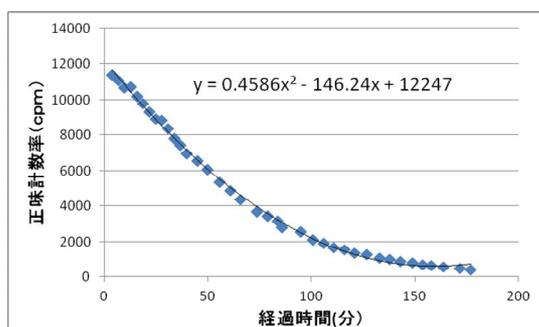
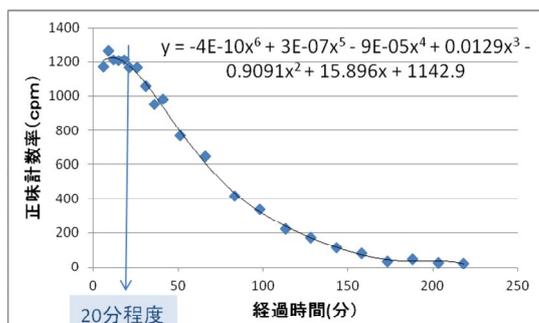


図7 空气中放射性物質の減衰曲線
上：風船、下：掃除機で集めた場合

以上、小中学生に興味を持たせ、短時間で終了することが可能であり、電離・励起などの放射線の基礎から PET などの応用に至るまで、実習として行うことが可能な、教材を作成した。当初の一大目標である、きめ細かな画像化は、安価に、という制約の中再考したとはいいがたいものの、子供たちが「楽しかった、良く分かった」と答えてくれる実習講義が行えた（2014.8.23,24：ひらめきときめきサイエンス、2015.3.24 サイエンスエッジなど）

また、副産物的ではあるが、こうした実習を手伝ってくれた大学生にも大変好評であり、楽しく遊びながら、復習できたことを、喜んでいた。これは、学部生の際に1度だけ講義を聞いて（1回だけ簡易実習を入れてはいるが）終わりになるよりは、教えながら学べることの意味は大きかったようである。こうしたきちんと基礎が理解できた大学生が、教員として教える立場になれば、創意工夫した授業を展開していくことが、期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Etsuko Furuta and Keiji Kusama, Teaching materials for radiation training and user guides

Journal of Radiation Safety Management, 査読あり、13,1-8 (2014)

URL ; <http://www.soc.nii.ac.jp/jrsm/>
〔学会発表〕(計 2 件)

日本放射線安全管理学会第 13 回学術大会、平成 26 年 12 月 3 日、徳島大学大塚講堂（徳島県 徳島市）「ひらめきときめきサイエンス報告-小中学生への放射線教育」1A1-3 古田悦子、草間経二

日本放射線安全管理学会第 12 回学術大会、平成 25 年 11 月 27 日、北海道大学学術交流会館（北海道 札幌市）「簡易線量計などを用いた放射線実習教育-教材と方法-」1B2-1 古田悦子、草間経二

〔その他〕公開実習(計 2 件)

ひらめき ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI 平成 26 年度 (HT26064)「放射線が通った！見えた、分かった放射能！」古田悦子 (2014.8.23,24)

つくば ScienceEdge2015「放射線は恐ろしいか？測ればわかる放射線の有効利用とは」古田悦子 (2015.3.224)

〔その他〕web 上の掲示

夕刊アメーバニュース

<http://news.ameba.jp/20140611-516/excite.ニュース>

<http://topics.excite.co.jp/keywords/%E5%8F%A4%E7%94%B0%E6%82%A6%E5%AD%90/>

http://tweetbuzz.jp/domain/resemom.jp/_/5

プログラム事例紹介(日本学術振興会)

https://www.jsps.go.jp/hirameki/09_kufu_u.html

6. 研究組織

(1)研究代表者

古田悦子 (FURUTA, Etsuko)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・講師

研究者番号：40422563

(2)研究協力者

草間経二 (KUSAMA, Keiji)

日本アイソトープ協会