

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 7 日現在

機関番号：54301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700880

研究課題名(和文)放射線教育のためのプラスチック板を用いた可視化計測技術の検討と利用

研究課題名(英文) Study of the educational method using plastics for visualization of radiation and verification of the effects on open lecture

研究代表者

石川 一平 (ISHIKAWA, Ippei)

舞鶴工業高等専門学校・電子制御工学科・講師

研究者番号：10511735

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円、(間接経費) 420,000円

研究成果の概要(和文)：プラスチック板を用いた放射線教育方法を提案し、小学・中学・高校生向けの出前授業および一般向けの公開講座を行い、教育効果の検討を行った。霧箱には劣るがプラスチック板を用いた実験も受講者の興味を引くことができたことから、放射線への関心を高める教材として効果が期待できることがわかった。また、プラスチックは穴が開くという現象を観測することができるので放射線の危険性やエネルギー性に対する高い学習効果が期待できることがわかった。

研究成果の概要(英文)：This study proposes educational method using the CR-39 plastics for visualization of radiation. The education effect of the method suggested by the open lecture was verified. The experiment using the plastic was inferior to a cloud chamber, but was reputation. It is expected as the teaching materials raising the interest in radiation. This educational method can observe a physical phenomenon that there is a hole, so can expect the high learning effect on risk and energy characteristics of the radiation.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：実験・観察 放射線教育

1. 研究開始当初の背景

中学校理科の新学習指導要領において「放射線」に関する内容が学習範囲となった。今日の科学教育において、放射線教育が重要である事は明らかである。しかし、放射線はそのままでは肉眼で見ることができないため、放射線を初めて学ぶ者にとって講義だけで放射線というものをイメージする事は難しい。「理科離れ問題」の対応には実験による体験が重視されているように、この放射線に対する理解を深めるためには実験による体験が重要であると考えられる。

現在の放射線教育に最も利用されている実験装置は、霧箱（ドライアイスを用いて放射線を可視化する装置）であるがドライアイス等の事前準備が必要である点や可視化が不安定（容器内温度とエタノールの過飽和の管理が必要）である等の欠点もある。そこで本研究では、放射線の安定した可視化が可能であり、放射線の性質がイメージしやすいプラスチック板を用いた計測技術に注目した。

2. 研究の目的

プラスチック板を用いた放射線の可視化計測技術は、複雑な回路を要しないので構造が簡単であり取り扱いが容易、そして可視化原理が安定している特徴を持つ。しかし、この方法を教育現場で利用するには「計測するまでに時間を要する」、「計測に高価な顕微鏡を用いる」、「劇物である化学薬品が必要である」という問題点を検討する必要がある。本研究では上記3つの問題点を解決する方法の検討を行った。さらに小学校・高専・地方自治会などで出前講義を行い、プラスチック板を用いた教育方法の教育効果の検証を行った。

3. 研究の方法

(1) 実験時間の検討

本研究で使用したプラスチック板は PADC（ポリ・アリル・ジグリコール・カーボネート）で通称 CR-39 と呼ばれている。このプラスチックに放射線が当たると、表面に放射線損傷（潜在飛跡）が生じる。その損傷は極めて小さいが、化学薬品でエッチングすることで、損傷を拡大することができる。放射線損傷部のエッチング速度の方が損傷を受けていない部分の速度よりも速いため損傷が拡大される。拡大された損傷（穴）はエッチピットと呼ばれ光学顕微鏡等で観測が可能となる。

このプラスチックを用いて放射線計測を行う研究用途の場合、エッチング速度と表面荒れを考慮して 70 °C、30 wt% 程度の水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液や水酸化カリウム (KOH) 水溶液が利用されている。しかし、教育現場での利用を考えれば、1 単位時間 (50

分) 以内に顕微鏡で観測できる大きさのエッチピットを形成できることが望ましい。そこで本研究では溶液濃度や温度を検討する事でエッチング時間の短縮を検討した。実験では、エッチピットの直径が同条件となるようにするため、放射線源として α 線標準線源である ^{241}Am (4 MBq) を用いた。また放射線がプラスチックに対して垂直に入射するようにコリメータと真空容器を用いた。エッチング温度を一定に保つためにホットマグネチックスターラーを使用した。その実験結果から、さらに実験時間を短縮させる方法としてガスコンロを使用する実験も検討した。

(2) 測定方法の検討

高倍率なレンズを有する研究用途の顕微鏡は非常に高価であり、教育現場で新たに機器を導入する場合には適していない。そこで、高価な顕微鏡に代わり教育現場で用意できる低価格の測定装置として小型のモバイル顕微鏡やスキャナを提案し、その装置でエッチピットの観測が可能であるかを検討した。

(3) 低濃度溶液の検討

化学エッチングには NaOH や KOH を用いるが、これらは「毒物及び劇物取締法」にて劇物に指定されているため教育利用を考えた場合には、利用することが出来ないわけではないが取り扱いに注意が必要である。ただし、NaOH、KOH 水溶液は 5% 以下の濃度であれば劇物指定から外れるため、教育利用に使用する場合は 5% 濃度で行うことで取り扱いが容易になる。本研究では、5% 濃度の化学エッチングの可能性について検討を行った。

(4) 教育効果の検討

プラスチックを用いた放射線教育の効果を検討するために、小学校・高専・地方自治会などで出前講義を行った。参加者へのアンケートの結果と自由記述の項目から、教育方法の評価を行った。講義では、発電の原理を説明するために「手回し発電機」、そしてプラスチック以外の放射線教育手段として、霧箱、線量計を用いて比較を行った。

4. 研究成果

(1) 実験時間の検討

授業時間内での実験を考慮してプラスチック板のエッチング条件の検討を行ったところ 1 単位時間 (50 分) 以内に顕微鏡で観測できる大きさのエッチピットを形成するには、95 °C の 30 % KOH 水溶液で 40 分エッチングすれば良いことがわかった (図 1, 2)。

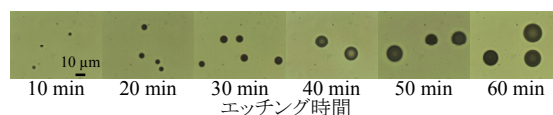


図 1 エッチピット写真の例

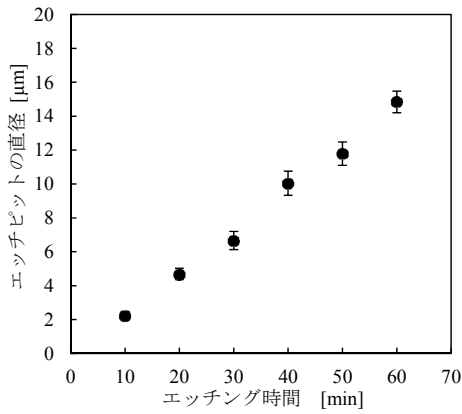


図2 エッチング時間とピット直径の関係 (95 °C, 30 % KOHaq)

次に、エッチング時間をより短縮するために温度を上げることを検討した。さらに、教育現場での利用を想定して、ホットマグネチックスターラーを使用せずに簡易的に実験を行うためガスコンロを使用した。また、容易に入手可能な放射線源として、放射性物質を微量に含むマントルを利用した。図3 (a) に示すように放射線を照射したプラスチックと常温のエッチング溶液 (KOH 水溶液 30 wt%) をビーカーに入れ、ラップをかぶせる。ガスコンロの火を付け、3 分ほど待つと沸騰するので火を止める。その後、17 分ほど余熱でエッチングを行う。そして、プラスチックを取り出し流水で洗い、顕微鏡で観測するという工程を提案した。この工程により、20 分で一般的な顕微鏡で観測できる大きさのエッチピットが得られることがわかった。

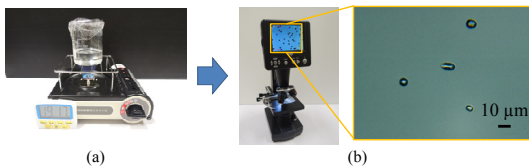


図3 ガスコンロを用いた実験方法と結果

(2) 測定方法の検討

高額な顕微鏡に代わり教育現場で用意できる低価格の測定装置として小型のモバイル顕微鏡やスキャナを提案した (図4)。



図4 提案したエッチピット測定方法

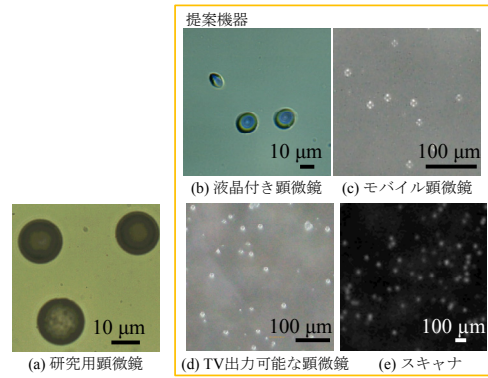


図5 提案した測定方法でのピット例

化学エッチングは、95 °C の KOH 水溶液 (30 wt%) で 40 分エッチングした。図5に示すように、今回提案した機器であれば、解像度や倍率の違いはあるがエッチピットの有無の観測は可能であるということがわかった。また、顕微鏡だけでなく学校にあるようなスキャナでも観測が可能であることがわかった。

(3) 低濃度溶液の検討

毒物及び劇物取締法の規制対象外濃度である 5 wt% KOH 水溶液でエッチングを行った場合、エッチピット直径は数 μm と非常に小さいが観測することは可能であることがわかった。また、これまでの実験により紫外線を照射することでエッチング速度が速くなることがわかっており、本研究でも紫外線照射も試みた。しかし、紫外線照射の手間やエッチング時間および生成されるエッチピット直径を考えれば、取り扱いに注意が必要であるとはいえ 30 wt% KOH 水溶液を利用した方が効率的であると考えられる。

(4) 教育効果の検討

プラスチック板を用いた放射線可視化計測方法の教育実践として小学・中学・高校生向けの出前授業および一般向けの公開講座を計8回行い、受講者217人、アンケート回答者118人を得た。このアンケートにより教育効果の検討を行った。



図6 教育実践の様子

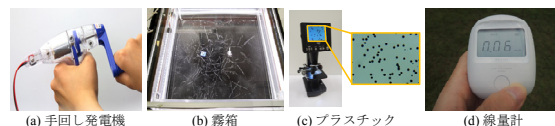


図7 教育実践で使用した実験装置

教育実践で使用した4つの実験装置(図7)に対して、面白かった装置を複数回答可でアンケートを取った。その結果を図8に示す。霧箱には劣るがプラスチック板を用いた実験も受講者の興味を引くことができたことから、放射線への関心を高める教材として効果が期待できることがわかった。プラスチックを用いた実験は霧箱と同様に可視化を行うことができるので興味を引きやすかったのではないと思われる。

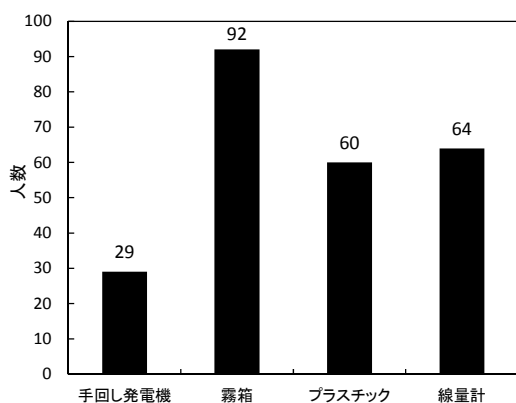


図8 アンケート：面白かった実験装置

また、提案している方法で放射線の危険性が学習できるかどうかを検証した。ここでは特に霧箱とプラスチックに焦点をあて、以下の質問内容で五段階評価を行った。

- 霧箱の実験を見て放射線は危険だと思ったか?
- プラスチックの実験を見て放射線は危険だと思ったか?

アンケートの回答結果を図9に示す。霧箱は全体的に票数が散らばっており、プラスチックは87%が危険だと思う、少し思うと回答している。プラスチックは穴が開くという現象を観測することができるので放射線の危険性やエネルギー性に対する高い学習効果が期待できることがわかった。

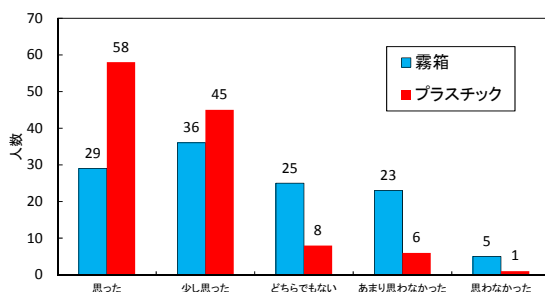


図9 アンケート：放射線が危険と思ったか

さらに自由記述にて、教育効果の検討を行った。霧箱に対して小学生からは「跡が見えたのでびっくり」、「放射線が降っている」といった回答が得られており、放射線の存在が認識できているということがわかった。一方、

プラスチックに対しては「穴が開いてすごい(小学生)」「穴があんなにたくさんあって、これが人体だと思うと怖かった(高校生)」など、放射線のエネルギー性や危険性が体験、学習できていることがわかった。

これまでに得られた意見を要約すると霧箱は放射線の存在を確認・体験するための実験装置として効果があり、プラスチック板は放射線の危険性を認識・学習する教材としての効果があるとわかった。しかし、霧箱とプラスチックともに利点があり、併用するとさらに学習効果が得られると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ① 石川一平, 中津徳人, 清原修二, 放射線教育のためのプラスチック板を用いた可視化計測技術の検討, 日本高専学会誌, 査読有, Vol. 18, No. 3, 2013, pp. 53-56

[学会発表] (計6件)

- ① Kensuke Tsuji, Ippei Ishikawa and Shuji Kiyohara, Approach to educational method for radiation measurements using plastics, The 7th International Symposium on Advances in Technology Education, 2013年9月25日~27日, 奈良県新公会堂
- ② 石川一平, 辻賢介, 清原修二, CR-39プラスチックを用いた放射線教育出前授業の実施, 第74回応用物理学学会秋季学術講演会, 2013年09月16日~20日, 同志社大学
- ③ 松本淳, 石川一平, 清原修二, 放射線可視化プラスチックを用いた教育方法の実践, 日本高専学会第19回年会講演会, 2013年8月31日, 高知工業高等専門学校
- ④ 寺下佳孝, 石川一平, 清原修二, 放射線教育のための放射線可視化プラスチックの開発, 日本高専学会第19回年会講演会, 2013年8月31日, 高知工業高等専門学校
- ⑤ 石川一平, プラスチック板を用いた放射線教育教材の開発と出前授業の実施, 平成25年度全国高専教育フォーラム, 2013年08月21日~23日, 豊橋技術科学大学
- ⑥ 中津徳人, 石川一平, 清原修二, 放射線教育のためのプラスチック板を用いた可視化計測技術の検討, 日本高専学会第18回年会, 2012年8月25日, 近畿大学工業高等専門学校

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石川一平 (ISHIKAWA, Ippei)
舞鶴工業高等専門学校・電子制御工学科・講師
研究者番号：10511735