

平成 28 年 6 月 24 日現在

機関番号：54301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560107

研究課題名(和文)教育を考えた短時間で測定可能な放射線可視化プラスチック教材の開発と指導書作成

研究課題名(英文)Development of teaching tools and manual based on radiation visualization plastic with high-speed etching for education

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・准教授

研究者番号：10511735

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文):本研究は、溶けやすい放射線可視化プラスチックを開発し、実験時間を短縮することを目的としている。PADCプラスチックをベースに、材料の混合比、熱硬化温度、硬化時間等を検討してプラスチックを試作した。比較のために市販の放射線検出用PADCプラスチックと試作したプラスチックにAm241の線を照射し、95%の30wt% KOH水溶液で化学エッチングを行い、エッチピット直径を測定した。光学顕微鏡で十分に観察可能な大きさである直径10 μ mになるまでには市販品だと約35分、試作品だと約15分であり実験時間を57%短縮することができた。また、このプラスチックを用いた放射線教育方法の実験指導書を作成した。

研究成果の概要(英文):The purpose of this study was to develop the teaching tools based on radiation visualization plastic with high-speed etching for education. The radiation visualization plastics based on PADC plastic were fabricated to consider the mixing ratio of materials, the thermal curing temperature, and the curing time. The etch pit diameter of the plastic prototype with a commercially available PADC plastic for radiation measurement were compared. In the etching time of up to a diameter of 10 μ m, a commercial product was about 35 minutes, a prototype was about 15 minutes. Therefore, it has become possible to reduce by 57% the time of the experiment. In addition, the teacher's manual of educational experiment using PADC plastic was created.

研究分野：応用物理

キーワード：放射線教育

1. 研究開始当初の背景

平成 23 年の福島第一原子力発電所での事故以降、放射線に対する世間の関心は増加した。また、平成 24 年から中学校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り、授業では「放射線は自然界にも存在すること、放射線は透過性などをもち、医療や製造業などで利用されていることなどにも触れる」といった学習内容が求められるようになった。しかし、放射線は約 30 年ぶりに再開された授業内容であり、ほとんどの中学教員は授業の経験がない。このため、教員は新たな教育内容を教えることに対し不安や負担を覚えている。また、放射線教育の教材の不足という問題も指摘されている。現在の放射線教育において主に利用されている実験教材は霧箱であるが、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である等の欠点もある。また、シンチレーション式や半導体式等の線量計もよく利用されているが、放射線によって生じる現象を直接目視することはできないため放射線の性質をイメージしにくいと思われる。それら以外の実験教材を充実させることで、異なった視点からの教育が可能となり学習範囲を増やすことができると考えられる。そこで、放射線飛跡を可視化するプラスチックを用いた教育方法を提案してきたが、この教育方法をより広く世間に普及させるためには、放射線の検出精度は劣ったとしても可視化できるまでの時間を短縮できた方が望ましいこともわかった。そこで、本研究では従来品よりも溶けやすい放射線教育向けのプラスチックの開発を行うことにした。

2. 研究の目的

本研究では、従来品よりも実験時間を 50% 以上短縮できるような溶けやすい放射線可視化プラスチックを開発することとした。また、実験指導書を作成し、放射線教育に貢献することを目的とした。

3. 研究の方法

プラスチック材料としては、PADC (ポリ・アリル・ジグリコ・ル・カ・ボネ・ト) を中心に検討を行った。PADC は通称 CR-39 とも呼ばれている固体飛跡検出器の一種である。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。

PADC は ADC モノマーに重合開始剤となる IPP (ビスペルオキシド) を混合し、加熱することで形成する熱硬化性樹脂である。よって、その基本的な製造行程は、大きく分けると材料混合と熱硬化に分けられる。図 1 にプラスチックの作製方法を示す。本研究では、主に混合材料の種類と配合比、熱硬化させる温度、時間、雰囲気を検討して溶けやすいプラスチックの開発を試みた。また、熱硬化させる温度については複数の条件で検討を行ったが、その一部を例として図 2 に示す。なお、実験の一部はプラスチックの製造を行っている株式会社サンルックスの協力を得て、その設備等を使用させて頂いた。

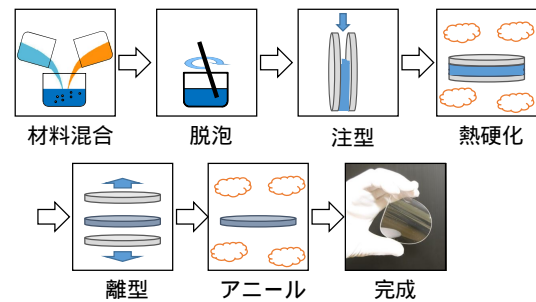


図 1 プラスチックの作製方法

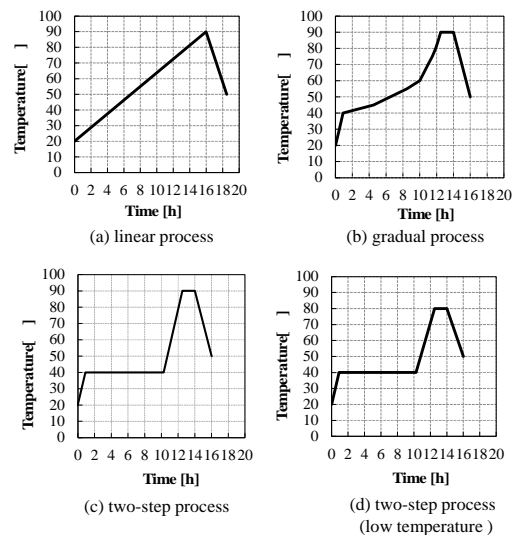


図 2 熱硬化温度の例

4. 研究成果

(1) プラスチックの開発

比較のために市販の放射線検出用 PADC プラスチックと試作したプラスチックに ^{241}Am の線を照射し、95 の 30 wt% KOH 水溶液で化学エッチングを行い、エッチピット直径を測定した。エッチピット直径を評価するために、コリメータを使ってプラスチックの表面に垂直に入射するようにした。条件が多岐にわたるため紙面の都合により、得られた成

果の中で最も良い結果となった条件（ADC モノマーが約 90 wt%，IPP が約 10 wt%の標準混合溶液に、重合防止剤を 1.5 wt%混合し、最高温度 90 °C まで 16 時間かけて加熱、その後 2 時間半かけて 50 °C に冷ます熱履歴）で作ったプラスチックの成果について述べる。

図 3，図 4 にそれぞれのエッチング時間別のエッチピット例を示す。また、エッチピット 10 個あたりの平均値をグラフにしたものが図 5 である。光学顕微鏡で十分に観察可能な大きさである直径 10 μm になるまでには市販品だと約 35 分、試作プラスチックだと約 15 分であり実験時間を 57%短縮することができた。

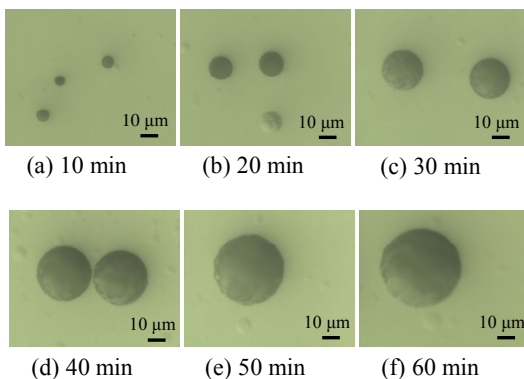


図 3 試作品のエッチング時間別ピット

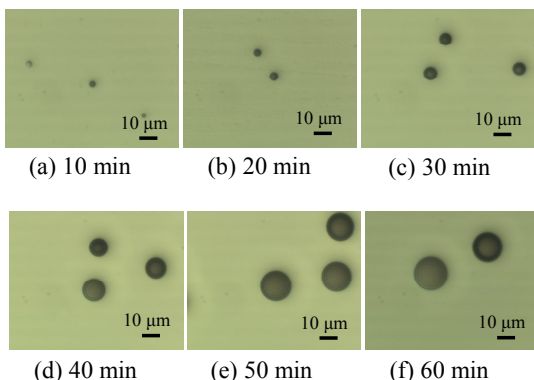


図 4 市販品のエッチング時間別ピット

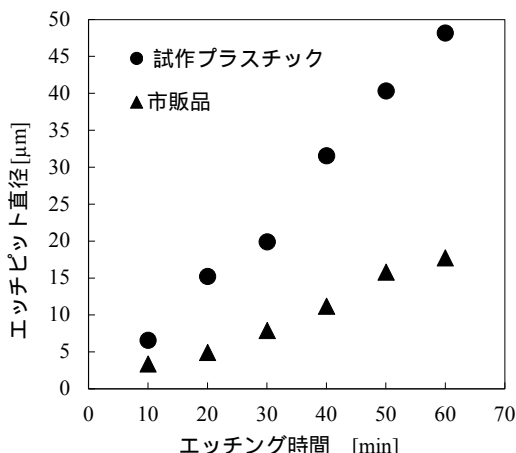


図 5 試作プラスチックと市販品の比較

(2) 実験指導書の作成

この教育方法をより広く世間に普及させるために試作したプラスチックの量産化についても検討した。研究協力者でもある株式会社サンルックスにて製造し、図 6 に示すような商品パッケージで放射線教育用の教材として販売することになった。また、図 7 に示すような PADC プラスチックを用いた放射線可視化実験の指導書を作成し、開発したプラスチックに添付することにした。

本教材で学べることは以下の 5 点が考えられる。

- 放射線のエネルギー性（物質との相互作用）
- 放射線は遮蔽できる（テープを巻いた場合）
- 環境放射線の存在（身近な環境を測定した場合）
- 放射能の強さ（穴の数を数える）
- 強アルカリ溶液の取り扱い

本教材を授業等の実践で利用してみたところ、教材として十分に利用できるものであることが確かめられている。ただし、従来品よりも実験時間が短縮されたが一層の実験時間の短縮に向けて改良が望まれる。また、化学エッチング溶液の安全性の問題、教材としてのコストの問題も今後の課題となっている。



図 6 開発したプラスチックのパッケージ

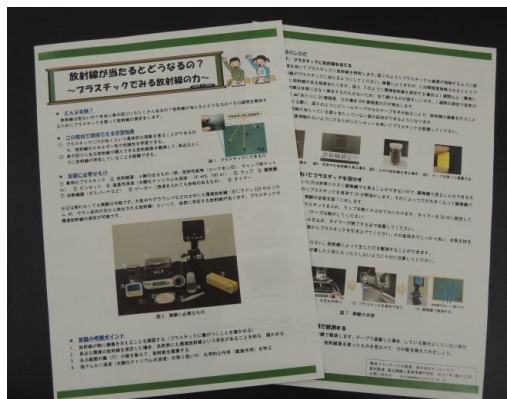


図 7 実験指導書

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計4件)

寺下佳孝, 石川一平, 清原修二, 短時間で観測が可能な PADC 飛跡検出器の開発と放射線教育への応用, 第 29 回固体飛跡検出器研究会, 2015 年 3 月 30 日~31 日, 福井大学附属国際原子力工学研究所

石川一平, 放射線教育のための CR-39 プラスチック教材の開発と実践評価, 日本放射線安全管理学会第 13 回学術大会, 2014 年 12 月 3 日~5 日, 徳島大学大塚講堂

石川一平, 清原修二, 放射線飛跡を可視化するプラスチック教材を用いた教育実践, 応用物理学会・応用物理教育分科会第 25 回物理教育に関するシンポジウム, 2014 年 11 月 22 日~23 日, 広島国際大学呉キャンパス

石川一平, 寺下佳孝, 清原修二, プラスチックを用いて放射線損傷を観察する教材の開発, 平成 26 年度日本理科教育学会近畿支部大会, 2014 年 11 月 15 日, 兵庫教育大学神戸ハーバーランドキャンパス

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・
准教授
研究者番号: 10511735

(2) 研究協力者

長谷仁 (HASE, Hitoshi)
株式会社サンルックス・代表取締役社長

来田文夫 (KIDA, Fumio)
株式会社サンルックス・新商品開発部参与