

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19700622

研究課題名（和文） 教育現場で使用可能な放射能分布観察教材の開発

研究課題名（英文） Development of teaching materials for observation of radioactivity distribution

研究代表者

濱田 栄作（HAMADA EISAKU）

八戸工業高等専門学校・総合科学科・准教授

研究者番号：20413718

研究成果の概要：エネルギー・環境教育の実施にともない、放射線教育に対するニーズが高まっている。さらに、新しい中学校学習指導要領（理科第1分野）に、放射線の性質とその利用が明記され、今後も放射線教育の充実が期待される。しかしながら、教育現場で継続的にかつ柔軟に使用できる放射線教育用教材は、極めて少ないのが現状である。本研究では新しい放射線教育用教材として、イメージングプレートを用いた放射能分布観察装置を開発した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,100,000	0	1,100,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	180,000	1,880,000

研究分野：放射線教育

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：科学教育，放射線教育

1. 研究開始当初の背景

エネルギー・環境教育を実施するにあたり、風力、太陽光発電などの自然エネルギーについては、地球温暖化対策やクリーンエネルギーとしてのイメージが定着しているため、児童・生徒への導入は比較的容易である。一方、原子力エネルギーについては、その必要性に加え、利用に伴うリスクも説明しなければならない。特に、原子力関連施設が立地する地域では、放射線に関する正しい知識を身に付ける必要がある。また、新中学校学習指導要領（理科第1分野）には、放射線の性質とそ

の利用が明記され、放射線教育の重要性が認識されている。

放射線教育の導入として、身の回りに存在する自然放射線に気づくことが重要であるが、放射線を感覚的に認識することはできず、何かしらの装置を用いなければならない。しかし、一般に放射線教育で使用される簡易型の放射線測定器や霧箱も、教育現場で実際に利用するとなると不都合な点が多い。

例えば、簡易型放射線測定器の場合、装置が高価なため、原子力の普及活動を実施する機関から測定器を期限付で借用しなければ

ならず、継続的、柔軟な利用は困難である。また、測定で得られる数値化された放射線情報は、感覚的認識を困難にする。さらに、バックグラウンド放射線により、特定の測定物（例えば、植物など）に含まれる微量の自然放射線の測定は不可能である。安価な材料で製作でき、放射線教育の導入として頻繁に利用される霧箱についても、微量の自然放射性物質の観察は困難である。さらに、観察する際にはドライアイスが必要になるなど、教育現場で使用するには、不便な点もある。

このような状況のもと、学校現場では、新しい放射線教育用教材が求められている。

2. 研究の目的

イメージングプレートは、二次元の放射線計測器として、医療はもちろん、非破壊検査、安全管理など広範な分野で利用されている。測定法は非常に容易で、厚さ 5 mm 程度のシート状のイメージングプレートを測定物と密着させるだけで、放射線の二次元分布がイメージングプレートに記録される。さらに、外部放射線を遮蔽したシールドボックス中で密着させると、植物等にわずかに含まれる微量放射性物質の分布も観察でき、放射線の視覚的認識も可能になる。また、情報が記録された使用済みのイメージングプレートに、白色光を照射すると、記録された放射能分布情報は完全に消去され、繰り返し使用でき、コスト面でも優れている。

このように、イメージングプレートには優れた特徴があるにもかかわらず、イメージングプレートから情報を読み取る装置が 600 万円以上と高価で、また据付型の大型機器であるため、これまで教育現場で使用されることはなかった。

そこで、本研究は視覚的に放射能二次元分布を観察できるイメージングプレートを、教育現場でも使用するために、小型で可搬性に優れたイメージングプレート読取装置の開発を試みた。本研究で開発する装置が満たすべき条件は次のとおりである。

- 放射能二次元分布を観察できること
- 低コストの装置であること
- 可搬性に優れ、操作が容易であること

これらの条件を満たすために、イメージングプレートから放射線の位置情報として放出される輝尽光を、冷却型の CCD で検出する安価でコンパクトな読取装置を開発した。

3. 研究の方法

輝尽性蛍光体が表面に塗り付けられたイメージングプレートが放射能分布観察教材として利用できるメカニズム（図 1）には、以下の 2 つの過程が存在する。

〔記録〕放射線をイメージングプレートに照射すると、イメージングプレート面に塗られた輝尽性蛍光体（BaFBr:Eu²⁺）の F-center に照射線量に比例した数の電子が捕捉され、線量情報が記録される。

〔読取〕線量情報が蓄積されたイメージングプレートに、長波長（633 nm）の光を当てると、放射線照射によって準安定状態にあった輝尽性蛍光体は 390 nm の輝尽光を放出し安定状態になる。この輝尽光の放射位置およびその強度を測定することで、放射能二次元分布の測定が可能となる。

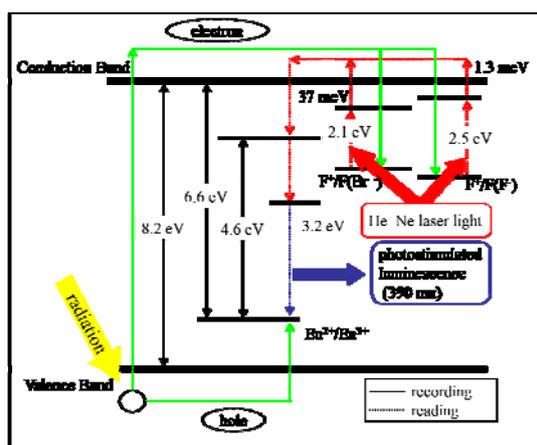


図 1 輝尽光発生メカニズム

読取時に放出される 390 nm の光は、紫外線領域の波長である。市販の読取装置では、高効率の光電子増倍管を用いることで、高感度の読取りを実現しているが、光電子増倍管を利用するためには、検出器もしくはイメージングプレートの設置部分に駆動システムを導入しなければならず、読取装置が大型かつ高価なものにならざるを得ない。

そこで、本研究では、小型で読取速度の速い CCD を利用した。また、微弱な輝尽光を効率よく検出するために、冷却型の CCD (BITRAN BS-44UV) を採用し、ノイズとなる暗電流の低減を図り、光電子増倍管に比べ効率の面で劣る CCD の検出性能を補った。

励起光には、均一照射が可能な He-Ne レーザー（660 nm, KIKOH GIKEN MLX1-A13-660）を使用した。また、使用する CCD が励起光についても感度を持つため、レンズ（KOWA LM8HC）の前には、励起光を遮断し、輝尽光のみを通過させるバンドパスフィルター（SURUGA SEIKI S76-BG25）を設置した。図 2 は、開発した装置のシステムとその概観である。

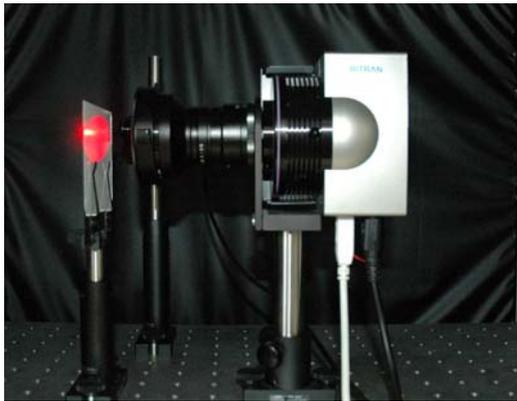
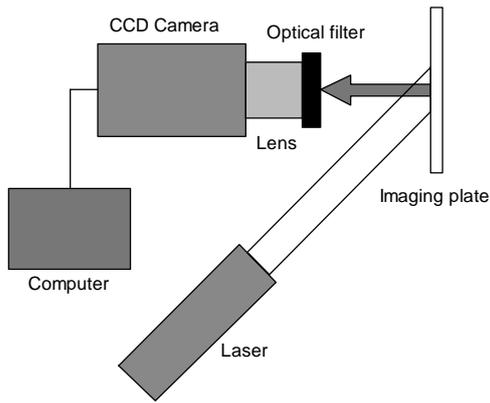


図2 装置の読取システムと外観

4. 研究成果

開発した装置の性能を確認するために、次の条件で、イメージングプレートに放射線を照射した。

厚さ 1.5 mm の鉛板に、中心（直径 3 mm）とその周辺に 4 つの穴（何れも直径 1.2 mm）をあけた。これを放射線源とイメージングプレートの上に設置し、放射能分布を記録した（図 3）。照射中は、外部放射線の影響を低減させるために、5 cm 厚の鉛ブロックの内側で実施した。

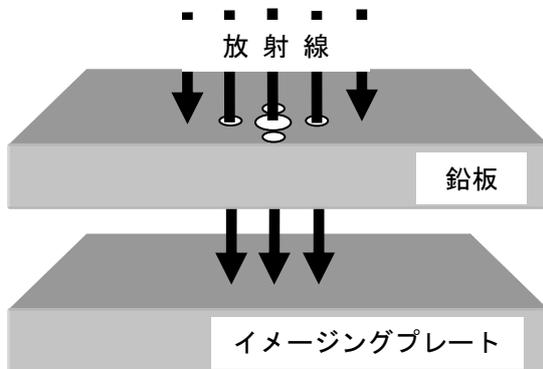


図3 照射方法

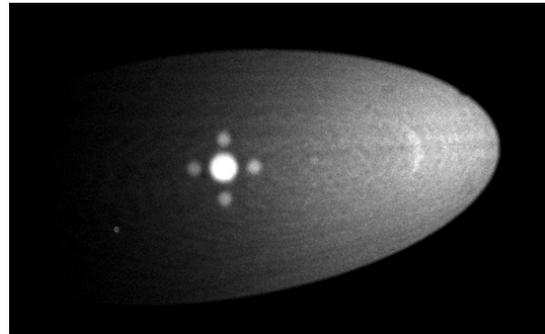
放射線源および照射時間は表 1 のとおりである。また、イメージングプレートには、Fuji Photo Film 社製の BAS-MS を使用した。

表 1 放射線源と照射時間

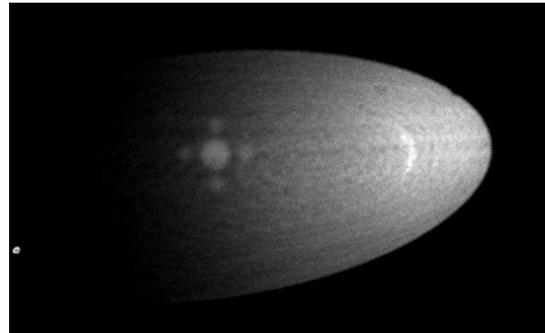
放射線源 (強度)	照射時間
(a) α 線源: ^{241}Am (3 kBq)	26 時間
(b) β 線源: ^{90}Sr (0.8 kBq)	40 時間

上述の条件で照射したイメージングプレートを、開発した装置に設置し、放射能分布の読取りを実施した。CCD の冷却温度は -10°C とし、測定時間は 5 秒とした。

開発した読取装置により得られた画像を図 4 に示す。なお、励起光を遮断し、輝尽光のみを通過させるバンドパスフィルターが励起光を完全に遮断できず、また、輝尽光も微弱であるために、画像には適切な画像処理（コントラストとブライトネスの調整）を施している。



(a) アルファ線照射



(b) ベータ線照射

図4 開発した読取装置により得られた放射能分布画像

アルファ (α) 線源 (図 4-(a)), ベータ (β) 線源 (図 4-(b)) のいずれの条件についても、鉛板にあけられた穴と同じ配置の画像が取得され、本装置の有効性が示された。また、従来の読取装置が、放射能分布画像の取得に数分を要したのに比べ、本装置はわずか 5 秒で画像を取得することができた。

一方で、励起光となるレーザーの照射領域に相当する、楕円状の明るい領域も確認され

た。本装置では、放射線の照射量に比例する輝尽光を発生させるために、均一照射が可能なレーザーを励起光として使用した。一方、イメージングプレートから放出される輝尽光は微弱であるため、イメージングプレートとレンズは、可能な限り近づけている。その結果、装置の配置上、励起光となるレーザーを斜め方向から照射しなければならなかった。これにより、照射面の左右でレーザー光源から照射位置までの距離が異なり、遠方側では、レーザー光と空気との散乱により減衰し、その結果、図4のような周辺の輝度に明暗が生じたと考えられる。

今後、励起光の照射方法を改善し、装置の読取值と放射線量との関係を明らかにすることができれば、放射線教育としてのみではなく、放射能汚染を迅速に判断できる装置として、放射線管理業務の分野でも利用されることが期待できる。

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)

- ① Eisaku HAMADA, Development of teaching materials for radiation education using an imaging plate, Proceedings of 4th international symposium on Radiation Education (2008)86-89, 査読無

[学会発表] (計 2 件)

- ① 濱田 栄作, 放射線教育を目的とした放射能分布測定装置の開発, 第10回 環境放射能研究会, 平成21年3月4-5日, つくば市
- ② Eisaku HAMADA, Development of teaching materials for radiation education using an imaging plate, 4th international symposium on Radiation Education, 2008/12/18-19, HSINCHU (Taiwan)

[その他]

<http://www.toonippo.co.jp/kikaku/ichioshi/20081011.html>

(東奥日報社「あおもり注目技術・研究」
2008年10月11日朝刊)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

濱田 栄作 (HAMADA EISAKU)

八戸工業高等専門学校・総合科学科・准教授

研究者番号：20413718

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し