

令和元年5月8日現在

機関番号：81605

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K14913

研究課題名(和文)スクリーニング検査のためのベータ線弁別プラスチックシンチレーションカウンタの開発

研究課題名(英文)Development of beta-ray Selection Plastic Scintillation Counter for Screening Inspection

研究代表者

菅井 裕之(Sugai, Hiroyuki)

福島県環境創造センター・研究部・副主任研究員

研究者番号：90707001

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：ベータ線のみを放出する難測定核種のスクリーニング検査の実現のため、簡易的なプラスチックシンチレーションカウンタの開発を行った。本装置は専用のガラス容器にプラスチックシンチレータと試料溶液を入れ、2本の光センサーで同時にデータを取得するものである。
塩化カリウム溶液やSr-90溶液の測定をした結果、放射能と計数率の間により相関が得られ、繰り返し測定しても同様の結果が得られることがわかった。実験結果から、本装置によってSr-90等のスクリーニング検査が可能であることが実証された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

福島第一原子力発電所構内には汚染水がたまり続けており、将来的に放射性核種のスクリーニング検査が必要になることは容易に想像される。ストロンチウム90やトリチウムのようなベータ線しか放出しないために測定が難しい放射性核種に対し、スクリーニング検査の実現を目指したのが本研究である。

ストロンチウム90の測定に関しては、通常の方法では4週間程度の時間がかかり、迅速分析法では大変に高価な装置が必要である。それに対して本研究では、安価に製作できる装置で、1日程度の時間で測定できる手法を実証した。

研究成果の概要(英文)：I have developed a simple plastic scintillation counter to realize a screening inspection for difficult radionuclides to be measured due to emitting only beta-rays. In this detector, a plastic scintillator and a sample solution are placed in a dedicated glass container, and two photon sensors simultaneously acquire data.

Measuring of potassium chloride solution and strontium-90 solution, I obtained a good linearity between radioactivity and count rate, and a good repeatability. From experimental results, it was demonstrated that we can make a screening inspection for radionuclides such as strontium-90 using this detector.

研究分野：放射線計測

キーワード：ストロンチウム90 ベータ線 プラスチックシンチレータ 同時計数 スクリーニング

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

福島第一原子力発電所事故の影響で発電所構内の汚染水は溜まり続けている。将来的に汚染水を海洋に放出するなどして処理することが容易に想像される。その場合、放射能の測定が難しい核種であるストロンチウム 90 やトリチウムを簡便にスクリーニングする技術が必要になる。

2. 研究の目的

現在、日本の正式な分析方法(公定法)ではストロンチウム 90 やトリチウムの分析に少なくとも3週間以上かかる。長い分析時間に加え、種々の化学操作の技術も必要であり、専門的な知識を持った人間と専用の設備がなければ分析できない。公定法は低い放射能濃度まで分析できる一方で、このように大変な時間と労力を要する。

仮に汚染水を海洋放出する場合、放出前には汚染水が一定レベルの放射能濃度か否かを確認する必要があるだろう。しかし、公定法は分析時間の長さからスクリーニングには適さない。そこで、検出器下限値はある程度高くとも、一定レベルの放射能濃度であるか否かを簡便にスクリーニングする手法を開発する。そのような手法があれば、公定法に比べて多くのサンプル数のスクリーニングが可能になる。

3. 研究の方法

公定法でトリチウムの放射能測定をする際、液体シンチレーションカウンタが使われる。この装置は試料を液体シンチレータと混合し、シンチレーション光を複数の光センサーで同時に捉えることで低バックグラウンドを実現するものである。この測定システムを簡易化し、スクリーニング検査装置を開発する。

具体的には、液体シンチレータの代わりとして顆粒状のプラスチックシンチレータを用い、2つの光センサーで同時にシンチレーション光を捉える。図1にプラスチックシンチレータをガラスセルに詰めた状態の写真を示す。液体ではなくプラスチックのシンチレータを用いることで、測定後の有機廃液はなくなり、繰り返して測定に用いることができる。また価格も安価である。そして、シンチレーション光を同時に捉えることでバックグラウンドを抑えて測定ができる。プラスチックシンチレータをガラスセルに詰めた後、ガラスセルに入れることのできる試料溶液の量はおよそ10 mLである。



図1 プラスチックシンチレータとガラスセル。セルの中の粒状のものがシンチレータである。

大まかな研究手順は次のとおりである。

- (1) NIM モジュール等を駆使して、複数の光センサーが同時に反応したときのみデータ収集を行う測定回路(同時計数回路)を構築する。
- (2) 同時計数回路を使って試料中の放射能濃度と得られる正味のカウント数の相関を測定する。実験に用いる試料はストロンチウム 90 溶液、および手に入りやすい塩化カリウム KCl 水溶液である。KCl には天然の放射性同位体であるカリウム 40 が含まれており、ストロンチウム 90 と同じベータ線を放出する。
- (3) 放射能濃度と正味のカウント数の相関を確認の後、再現性の確認のため、同一の条件で繰り返し測定する。
- (4) 再現性の確認後、検量線の作成と未知試料の測定手順を確立する。

4. 研究成果

(1) NIM モジュールや MCA、ケーブル、コネクタ等一式を買い揃えた。そして回路を組んで調整し、同時計数の測定ができる回路を構築した。

(2) ストロンチウム 90 および塩化カリウム水溶液の放射能と正味のカウントの相関を測定した結果を図2に示す。どちらの測定でも良い直線性が得られていることがわかる。図中のエラーバーはカウント数の統計誤差(1 σ)である。この誤差は測定時間によって変わり得る。この結果から、構築した測定システムが適正に動作していることが確認できる。

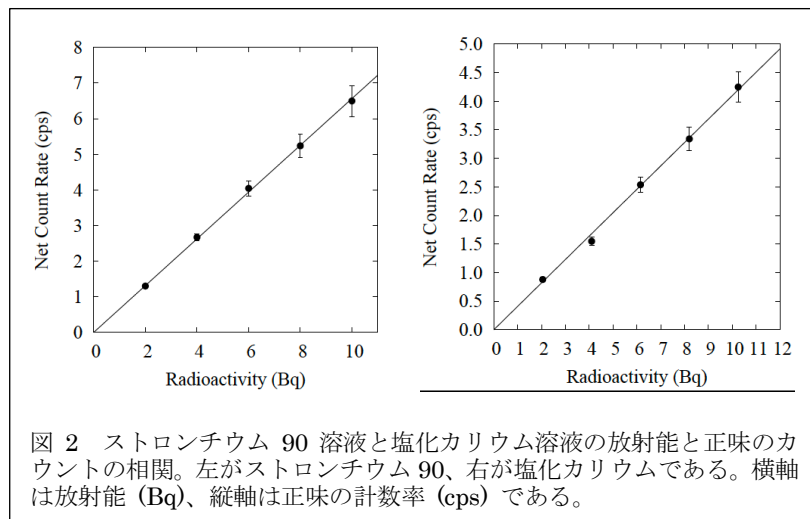


図2 ストロンチウム 90 溶液と塩化カリウム溶液の放射能と正味のカウントの相関。左がストロンチウム 90、右が塩化カリウムである。横軸は放射能 (Bq)、縦軸は正味の計数率 (cps) である。

- (3) 同一の塩化カリウム溶液について図2に相当する測定を繰り返し行い、直線の傾きを比較

した結果を図3に示す。各回数の測定の際に中の溶液を入れ替えた。その際、シンチレータは入れたままとした。図中でエラーバーはカウント数の統計誤差 (2σ) である。3回取得られた直線の傾きはエラーの範囲で一致している。この結果から、正味の計数率に着目すれば常に同一の傾き、すなわち同一の換算係数 (cps/Bq) を用いてよいことが示唆される。この事実は測定する上で大変に便利な性質である。

(4) 実際の未知試料の測定の際は、例えば最初に検量線確認のための測定を行い、その後中身の溶液を排出し、未知試料に入れ替えて測定する手順が考えられる。シンチレータが汚染され、バックグラウンドの計数率が増えた場合は、シンチレータを純粋に浸しておけば基本的にまた使えるようになる。

以上はプロトタイプの同時計数システムを使った原理実証的な開発であった。ガラスセルの中身の入れ替えや未知試料の測定手順を今後詰める必要がある。

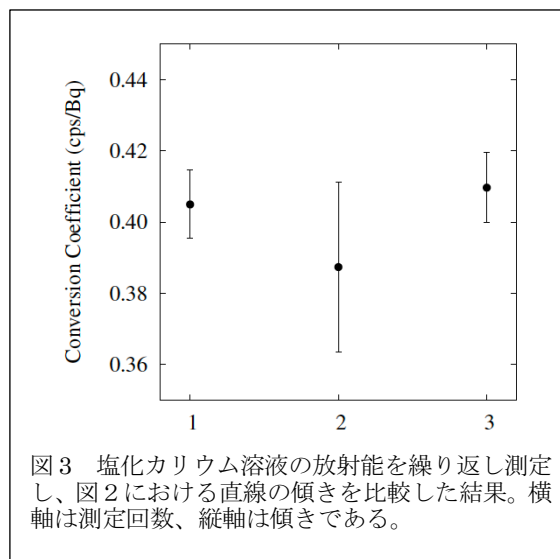


図3 塩化カリウム溶液の放射能を繰り返し測定し、図2における直線の傾きを比較した結果。横軸は測定回数、縦軸は傾きである。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計0件)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。