

【本件リリース先】

平成 24 年 6 月 22 日(金) 15:00
(資料配布)
文部科学記者会、科学記者会
経済産業記者会、茨城県政記者クラブ、
高崎記者クラブ、福島県政記者クラブ
秋田県政記者クラブ



平成 24 年 6 月 22 日
独立行政法人日本原子力研究開発機構
国立大学法人東京大学
公立大学法人秋田県立大学

**NaI(Tl)スペクトロメーターでセシウム 134 と 137 を個別に定量する簡便な手法
を開発
(お知らせ)**

【発表のポイント】

- 安価で広く用いられている NaI(Tl)スペクトロメーターを用いてセシウム 134 とセシウム 137 を個別定量する手法を開発
- 一般的な表計算ソフトを用いるシンプルかつオープンな手法のため、追加コストを掛けずに、現場の様々な事情に合わせてアレンジ可能
- 福島をはじめとする被災地復興の一助となることを期待

独立行政法人日本原子力研究開発機構【理事長 鈴木篤之、以下「原子力機構」という】は、国立大学法人東京大学【総長 濱田純一、以下「東京大学」という】、公立大学法人秋田県立大学【学長 小間 篤、以下「秋田県立大学」という】と共同で、放射性セシウムの測定に広く利用されているタリウムヨウ化ナトリウムシンチレーションスペクトロメーター^{注1}（以下、NaI(Tl)スペクトロメーターという）と表計算ソフトを用いて、食品や土壌などに含まれるセシウム 134 とセシウム 137 を区別して定量する簡便な手法を開発しました。

NaI(Tl)スペクトロメーターは安価で取り扱いが容易なことから、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故以降、食品や土壌などに含まれる放射性物質濃度の測定に広く用いられています。一方で、NaI(Tl)スペクトロメーターでは、高価なゲルマニウム半導体検出器^{注2}ほど、放射性物質の種類や濃度についての詳細は分かりません。福島をはじめとする被災地の復興の推進には、既に普及が進んでいる NaI(Tl)スペクトロメーターにより、食品中のより正確な情報を簡便に得る手法の開発が必要とされていました。

そこで、原子力機構 RI イメージング研究グループの尹永根博士研究員と藤巻秀グループリーダーらは、東京大学 田野井慶太郎准教授ら、秋田県立大学 中村進一准教授らと共同で、NaI(Tl)スペクトロメーターによる測定データの解析方法について研究を進め、これまでとは異なる方法で解析することにより、精度良くセシウム 134 とセシウム 137 の濃度を別々に算出できることを見出しました。この新しい解析方法は一般的な表計算ソフトで行えるため、NaI(Tl)スペクトロメーターを導入している多くの現場で、費用をかけずにセシウム 134 とセシウム 137 を個別に定量することが可能であり、現場の測定者自身の手によって、分析の信頼性を一層高めることができるようになります。

【本件に関する問い合わせ先】

独立行政法人日本原子力研究開発機構
(研究内容について)

量子ビーム応用研究部門 医療・バイオ応用量子ビーム技術研究ユニット
RIイメージング研究グループ 藤巻 秀

TEL: 027-346-9420 , FAX:027-346-9688

(報道対応)

広報部課長代理 藤原 利如

TEL:03-3592-2346 , FAX:03-5157-1950

補足説明資料

【背景】

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故由来の放射性セシウム（Cs-134（半減期約 2.06 年）、Cs-137（半減期約 30.17 年））による環境汚染に対して、現在、膨大な土壌、農作物、食品などの試料中に含まれる放射性セシウムの定量分析が求められています。従来、Cs-134 と Cs-137 の定量分析には、核種を見分ける能力（エネルギー分解能）に優れたゲルマニウム半導体検出器（Ge 検出器）が使われてきました。しかしながら、Ge 検出器は非常に高価（1,000～2,000 万円程度）であり、サイズ、重量が大きく（2 トン程度）、冷却用の液体窒素を常備しなければならないことなどから、利用可能な機関が限られています。

一方、従来、簡易的な定量分析のために用いられてきた NaI(Tl) スペクトロメーターは比較的安価（200 万円程度～）であり、コンパクトかつ軽量で、常温で計測できるなどの利点を持っているため、現在普及が進んでいます（図 1）。しかし、Ge 検出器と比較するとエネルギー分解能に劣るため、Cs-134 が放出する 605 keV（キロエレクトロンボルト）のエネルギーを持つガンマ線と Cs-137 が放出する 662 keV のエネルギーを持つガンマ線を分離して計測することができません（図 2）。



図 1 Ge 検出器（左）と NaI(Tl) スペクトロメーター（右、農林水産省「放射性物質の分析について」（平成 23 年 12 月）18 ページより転載）

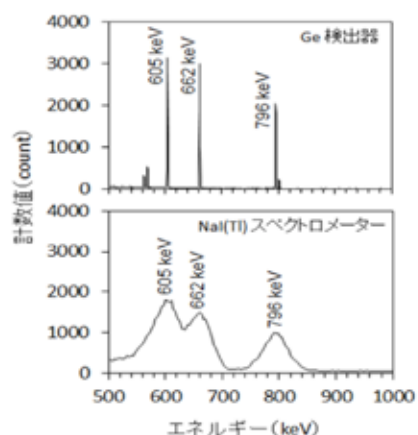


図 2 同一試料を Ge 検出器（上）と NaI(Tl) スペクトロメーター（下）で計測した場合の波形データの比較

本来、放射性物質の定量分析では、試料の調製、計測、データ解析などの過程で様々な影響が生じやすく、それが分析の信頼性を低下させる原因になります。今、放射線測定の実験者ではない、生産・流通・消費に関係する多くの方々が、市販の様々な NaI(Tl) スペクトロメーターで、様々な試料の分析に取り組んでおられます。本研究では、そのような分析者の方々の一助となるべく、個々の事情に合わせてアレンジしやすいよう、オープンかつできるだけシンプルな核種分析の手法を提示することを目指しました。これにより、例えば、山深い観光地における野生食品（キノコ、山菜など）や地元で作られた堆肥といった、分析機関への委託では頻度・コストの面でカバーしづらい対象も分析できるようになり、観光や農業生産の復興に役立つことが期待されます。

【開発した分析手法の内容】

(1) 本手法の適用が可能な NaI(Tl) スペクトロメーターの最低条件

- ・エネルギー分解能が 10% よりも優れている (小さい値をとる) こと
- ・チャンネル数^{注3}が 1024 以上あること
- ・計測データをスペクトル形式 (「エネルギー (keV)」に対する「計数值 (count)」) の集計で出力すること

※一般的に、200 万円以上の製品であれば、以上の条件を満たしているものが多い。

(2) 標準試料の用意

標準試料^{注4}は専門機関から購入することもできるが、汚染土壌等を採取し、手芸用の軽量樹脂粘土によく混和し計測容器に充填することによって、数段階の濃度の標準試料 (希釈系列) を自作することもできる。その場合、分析機関に依頼するなどして、試料に含まれる Cs-134 と Cs-137 の量を正確に測定しておく。

(3) 計測データの解析

NaI(Tl) スペクトロメーターで試料を計測したら、計測データを「エネルギー」に対する「計数值」の集計として出力し、表計算ソフトで読み込む。以下の計算を行う。

【Cs-137】: 試料中の Cs-137 の量にほぼ比例する図 3 の黒色の領域の面積を求める。

- ・720~730 keV のエネルギー範囲に対する計数值の総和を 5.8 倍した値を「ベースライン」^{注5}とする。
- ・662~720 keV のエネルギー範囲に対する計数值の総和から、「ベースライン」を引く。
- ・求めた値を試料の計測に要した時間 (秒) で割り、計数率 (cps) とする。

【Cs-134】: 試料中の Cs-134 の量にほぼ比例する図 3 の灰色の領域の面積を求める。

- ・850~970 keV のエネルギー範囲に対する計数值の総和を「ベースライン」とする。
- ・730~850 keV のエネルギー範囲に対する計数值の総和から、「ベースライン」を引く。
- ・求めた値を試料の計測に要した時間 (秒) で割り、計数率 (cps) とする。

(4) 換算式の作成

- ・(2) の標準試料を NaI(Tl) スペクトロメーターで計測し、(3) の方法で計数率 (cps) を求める。
- ・計数率 (cps) と、予め測定しておいた標準試料中の Cs-134、Cs-137 の量 (Bq) の関係を、表計算ソフトでグラフにする (図 4)。計測に問題がなければ、これは直線関係になるはずである。換算式 (近似式) を表示させる。

(5) Cs-134, Cs-137 の算出

- ・一般試料を NaI(Tl) スペクトロメーターで計測し、Cs-134、Cs-137 のそれぞれについて(3)の方法で計数率 (cps) を求める。
- ・計数率 (cps) を表計算ソフト上で(4)の換算式に代入し、Cs-134、Cs-137 のそれぞれの量 (Bq) を算出する。

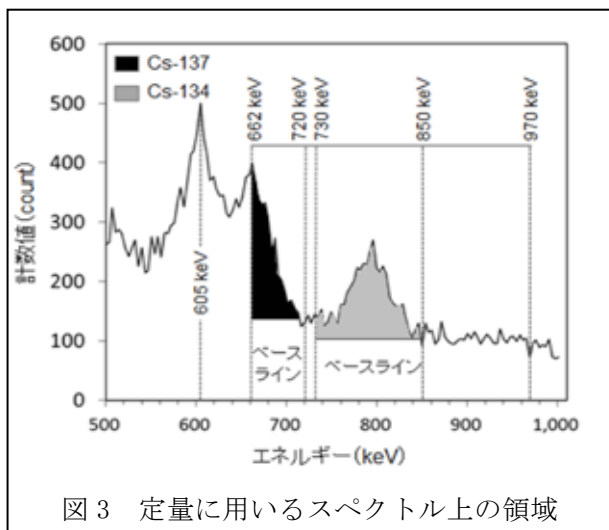


図3 定量に用いるスペクトル上の領域

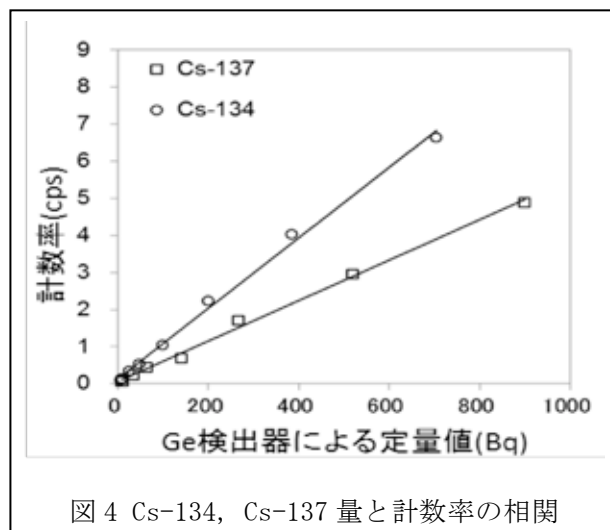


図4 Cs-134, Cs-137 量と計数率の相関

【実施例】

下の表は汚染された腐葉土、草地土壌、牛糞堆肥を本手法によって分析した結果を、Ge検出器による分析結果と比較したものです（2012年1月～2月に計測）。Cs-134、Cs-137のそれぞれに対し、かなり正確な定量を行うことが可能であることがわかります。

	Cs-137			Cs-134		
	NaI	Ge	NaI / Ge	NaI	Ge	NaI / Ge
	(Bq kg ⁻¹)			(Bq kg ⁻¹)		
腐葉土 A	1.2×10 ⁴ ±69.0	1.3×10 ⁴ ±210	0.97	9.0×10 ³ ±44.0	8.9×10 ³ ±200	1.01
腐葉土 B	6.0×10 ³ ±59.4	6.1×10 ³ ±150	0.98	4.4×10 ³ ±37.6	4.6×10 ³ ±140	0.95
草地土壌	1.7×10 ⁴ ±71.8	1.7×10 ⁴ ±290	0.97	1.3×10 ⁴ ±47.0	1.3×10 ⁴ ±280	0.98
牛糞堆肥 1	7.0×10 ² ±12	7.4×10 ² ±19	0.94	5.7×10 ² ±8.2	5.7×10 ² ±19	1.01
牛糞堆肥 2	5.9×10 ² ±11	6.7×10 ² ±18	0.87	4.8×10 ² ±7.4	4.5×10 ² ±17	1.06
牛糞堆肥 3	7.2×10 ² ±13	6.8×10 ² ±17	1.06	5.1×10 ² ±7.7	5.2×10 ² ±17	0.99
牛糞堆肥 4	6.3×10 ² ±12	6.4×10 ² ±13	1.00	4.7×10 ² ±7.3	4.9×10 ² ±13	0.96

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故によって放出された Cs-134 と Cs-137 の放射能の比は、事故直後にはおよそ 1 : 1 でした。物理的減衰によって、事故後一年でおよそ 0.7 : 1、二年でおよそ 0.5 : 1 になっていきます。個別に定量した結果、両核種の比がこの値から著しく離れている場合は、試料調製・計測・解析に不適切な点があるなど、何らかの特別な原因があると考えられます。

【注意点】

分析結果は必ず誤差を伴うため、本手法を食品などのスクリーニング（基準値を超える可能性のある試料を確実に発見すること）のために用いる際には十分な注意が必要です。NaI(Tl)スペクトロメーターを食品のスクリーニングに利用する方法については、厚生労働省がホームページ上で「食品中の放射性セシウムスクリーニング法」として公開しています。

【用語説明】

注1. シンチレーションスペクトロメーター

ある種の結晶などに放射線が入射すると、その放射線の持っているエネルギーに応じた明るさの蛍光が発生する現象を利用した計測装置で、検出器に入射した放射線の本数をエネルギー別に集計することができます。一定量の放射性物質がどのようなエネルギーの放射線をどのくらい出すかは、放射性物質の種類ごとに決まっているので、この装置を使うことで、試料中に含まれる放射性物質の種類と量を知ることができます。本研究で対象とした NaI(Tl) スペクトロメーターは、微量のタリウムを含むヨウ化ナトリウムの結晶が使われているものです。

注2. 半導体検出器

ゲルマニウム半導体など、ある種の半導体に電圧をかけ、そこに放射線が入射すると、その放射線の持っているエネルギーに応じた電流が発生する現象を利用した計測装置で、検出器に入射した放射線の本数をエネルギー別に集計することができます。この装置でも、試料中に含まれる放射性物質の種類と量を知ることができますが、半導体検出器はエネルギーを識別する能力が高く、放射性物質の種類を見分けることに優れていることが特長です。

注3. チャンネル数

NaI(Tl) スペクトロメーターが検出器に入射した放射線の本数をエネルギー別に集計する際には、例えば 0 ~ 3,000 keV のエネルギー範囲を 3 keV ずつに分割し、それぞれの小さな範囲に該当する放射線の本数を集計していきます。この分割する数のことをチャンネル数と言います（この例では 1,000 チャンネル）。一般にチャンネル数の大きなものほど精細なデータ解析が可能になります。

注4. 標準試料

含まれる放射性物質の種類と量が、あらかじめ専門機関などで定量済みの試料のことです。一般の試料に含まれる放射性物質の量を測定する場合には必ず、ものさしとなる標準試料が必要です。専門機関から購入することも可能ですが、本研究では、現場での様々な計測条件に応じて自作する方法を示しています。

注5. ベースライン

食品などの試料中には、天然の放射性物質であるカリウム 40 が含まれています。また、分析装置には周囲の建材などから自然の放射線が飛び込んできます。したがって、検出される放射線のうちある程度の割合は、試料中の放射性セシウムの量と無関係なものです。そこで、試料中の放射性セシウムを正確に定量するために、本研究では検出された放射線量の一部をベースラインと呼んで除外しています。