

緊急時における食品中の放射性セシウム測定に用いる NaI (TI) シンチレーションサーベイメータの機器校正

社団法人日本アイソトープ協会 医薬品・アイソトープ部技術課

はじめに

平成23年3月11日に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故に伴い、厚生労働省医薬食品局食品安全部長から食安発0317第3号「放射能汚染された食品の取り扱いについて」（平成23年3月17日）が発出された。<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001558e-img/2r9852000001559v.pdf>

この通知により当分の間、原子力安全委員会により示された指標値を暫定規制値とし、これを上回る食品については、食品衛生法第6条第2号に当たるものとして食用に供されることがないように販売その他について処置する必要が生じている。検査に当たっては、平成14年5月9日付け事務連絡「緊急時における食品の放射能測定マニュアルの送付について」を参照して実施することとなっている。

<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001558e-img/2r98520000015cfn.pdf>

緊急時における食品の放射能測定マニュアル（以下、マニュアルという。）では、緊急事態発生時に迅速に行う第一段階モニタリングにおける測定法として、NaI (TI) シンチレーションサーベイメータを用いた放射性ヨウ素測定法が規定されている。この測定法は文部科学省による放射能測定法シリーズ15「緊急時における放射性ヨウ素測定法」に基づくもので、試料採取現場等で多数の試料の中から飲食物摂取制限に関する指標等を考慮して、より詳細な測定を要すると判断される試料のみを選択する、いわゆるスクリーニングを目的としたものと位置付けられた簡易測定法である。

この簡易測定法を用いる場合、飲食物摂取制限に関する指標を上回っているかどうかを判別するためには、試料測定と同一のジオメトリの¹³¹Iに対する計数効率を得る必要がある。しかしながら、線量当量率（マイクロシーベルト毎時（ μ Sv/h））で目盛ったサーベイメータは本来このような測定を目的としたものではなく、通常¹³¹Iなどの放射能に対する計数効率に関する情報はほとんど示されていなかったため、アイソトープ協会では、国内で多く使用されているNaI (TI) シンチレーションサーベイメータについて、マニュアルに準拠した機器校正を実施し、各測定器の機器効率データを参考資料（4月20日速報）として示した。

本測定法に用いる多くのサーベイメータは核種弁別が困難なことから、放射性核種を全て¹³¹Iとして取り扱うこととしている。発電所事故当初より当分の間は、緊急の措置として¹³¹I以外の放射性核種が混入している場合でも、本法によると¹³¹Iの放射能についてのみ着目した評価で大きな問題はなかった。しかし、現時点ですでに事故発生から2ヶ月以上経過し、相対的に放射性セシウム（¹³⁴Cs及び¹³⁷Cs）が多くなっている状況である。従って、測定・評価対象もこの状況に対応する必要がある。

今回は放射性セシウムの一つである¹³⁷Csを用いた機器校正を、¹³¹Iを用いた試験に準じて実施した。

1. ^{137}Cs による機器校正

^{137}Cs による機器校正は、「緊急時における食品の放射能測定マニュアル」に規定されていないが、 ^{131}I に準じて実施した。ここで言う機器校正とは、特定の容器に充填された ^{137}Cs 標準溶液を一定のジオメトリで測定したときの計数効率を決定するものである。指示値から試料放射能を求めるための表2に示す換算係数は、計数効率の逆数として求められるものである。

1. 1 標準溶液の調整

特定二次標準器等により校正した ^{137}Cs 標準溶液（約5kBq/kg）を、2Lマリネリ容器、2Lポリエチレン瓶及び丸型V式容器に秤量充填し、密閉して校正に供する標準線源とした。各容器の構造と測定ジオメトリを図1に示す。なお、牛乳用についてはマニュアルでは塩化カリウム（KCl）を加えることと規定されているが、スクリーングレバルの読み値に対しては自然に存在する ^{40}K の影響は十分無視できるため、KClは添加しなかった。

1. 2 対象機器

対象機器はマニュアルに規定されたNaI (Tl) シンチレーションサーベイメータとした。今回校正対象とした機器と機器の主な仕様を表1に示す。

2. 結果

各測定器の ^{137}Cs に対する計数効率より求めた換算係数は表2のとおりである。なお、測定ジオメトリ④は試料容器の口径から、1"φ×1"の検出器のみについて実施対象とした。さらに、汚染防止のため、検出器先端部を2重のポリエチレン袋で覆って測定した。従ってポリエチレン袋による検出器と溶液の空隙の影響が結果に含まれている。

3. 他の核種の影響

事故発生から2ヶ月以上経過した現時点においては、 ^{131}I は放射性セシウムと比較して相当減衰しているが、供試体によっては検出下限を超える量が未だに存在することも考えられる。また、放射性セシウムには ^{137}Cs だけではなく ^{134}Cs が現時点で ^{137}Cs と放射能比でほぼ等量存在している分析データが厚生労働省等より報告されている。

本法に用いるサーベイメータのほとんどが、核種弁別の機能を持たないため、核種毎の放射能を定量することは不可能である。しかし、NaI検出器の ^{134}Cs に対する計数効率は、 ^{137}Cs に対する計数効率と比較して高い。従って例えば放射性セシウムの放射能を ^{137}Cs 、 ^{134}Cs の合計放射能とし、これを ^{137}Cs に対する計数効率を用いて計算すると安全側に評価される（放射能の数値は過大評価となる）といえる。

4. おわりに

「緊急時における食品の放射能測定マニュアル」における ^{131}I 測定法に準じ、市販のNaI (Tl) シンチレーション式サーベイメータの ^{137}Cs に対する機器校正を実施した。本法により測定目標値を達成する測定を行うためには、適切な測定条件（測定器性能、各現場環境等）を設定する必要がある。 ^{137}Cs に対する計数効率は、 ^{131}I に対し低いため、 ^{137}Cs の検出限界放射能は ^{131}I と比較して、 ^{131}I 計数効率と ^{137}Cs 計数効率の比に従って高くなることに留意されたい。

表1 校正対象とした測定器

製造者	型式	NaI結晶 サイズ	検出器構造	指示目盛り	ディスクリ レベル	備考
富士電機	NHC610B1	0.5"φ×0.5"	検出器表面－結晶表面間距離：4mm 検出器外カバー厚さ：樹脂 1mm	Sv/h s ⁻¹	50keV	エネルギー補償式(Sv/h)目盛りあり
	NHC710B1	1"φ×1"			不明	
日立アロカ メディカル	TCS172(B)	1"φ×1"	検出器表面－結晶表面間距離：7mm 検出器外カバー厚さ：Al 2mm	Sv/h s ⁻¹	50keV	エネルギー補償式(Sv/h)目盛りあり
	TCS171(B)					
Health Physics Instruments	5000S	1"φ×1"	不明	Sv/h s ⁻¹	不明	エネルギー無補償式(Sv/h)目盛りあり
LUDLUM	44-2 (MODEL3)	1"φ×1"	不明	Sv/h s ⁻¹	不明	エネルギー無補償式(Sv/h)目盛りあり
LIR Radiation	identiFINDER	1.4"φ×2"	検出器外カバー：Al	Sv/h s ⁻¹	20keV	
Berkeley Nucleonics Corporation	940-GN	2"φ×2"	検出器表面－結晶表面間距離：3mm 検出器外カバー厚さ：Al 0.8mm ・25 x 3 mm Li (Eu) 結晶付(中性子用)	Sv/h s ⁻¹	10keV	エネルギー補償式(Sv/h)目盛りあり
	940-2G	2"φ×2"	検出器表面－結晶表面間距離：3mm 検出器外カバー厚さ：Al 0.8mm			
	940-3G	3"φ×3"	検出器表面－結晶表面間距離：6.3mm 検出器外カバー厚さ：Al 0.8mm			
CANBERRA	SG-1R	1"φ×1"	検出器表面－結晶表面間距離：4.3mm	Sv/h s ⁻¹	40keV	
	SG-2R	2"φ×2"	検出器外カバー厚さ：Al 1.8mm			

表2 換算係数表

富士電機

NHC610B1

測定ジオメトリ	充填量	換算係数 Bq/kg/cps
① 2L マリネリ	2kg	3.13E+02
② 蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	8.41E+02
③ 2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	6.34E+02
④ 2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	3.35E+02

富士電機

NHC710B1

測定ジオメトリ	充填量	換算係数 Bq/kg/cps
① 2L マリネリ	2kg	7.11E+01
② 蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	1.87E+02
③ 2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	1.28E+02
④ 2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	8.14E+01

日立アロカメディカル

TCS-172(B)

測定ジオメトリ	充填量	換算係数 Bq/kg/cps
① 2L マリネリ	2kg	7.10E+01
② 蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	1.98E+02
③ 2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	1.68E+02
④ 2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	6.78E+01

日立アロカメディカル

TCS-171(B)

測定ジオメトリ		充填量	換算係数 Bq/kg/(μ Sv/h)
①	2L マリネリ	2kg	2.45E+04
②	蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	7.34E+04
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	4.92E+04
④	2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	1.92E+04

Health Physics Instruments

5000S

測定ジオメトリ		充填量	換算係数 Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	7.96E+01
②	蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	2.53E+02
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	1.44E+02
④	2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	7.34E+01

LUDLUM

44-2 (MODEL3)

測定ジオメトリ		充填量	換算係数 Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	7.27E+01
②	蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	2.04E+02
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	1.44E+02
④	2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	-

LIR Radiation

identiFINDER

測定ジオメトリ		充填量	換算係数 Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	-
②	蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	-
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	5.94E+01

Berkeley Nucleonics Corporation

940-GN

測定ジオメトリ		充填量	換算係数 Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	1.40E+01
②	蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	4.44E+01
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	3.01E+01

940-2G

測定ジオメトリ		充填量	換算係数 Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	1.40E+01
②	蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	4.62E+01
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	2.96E+01

940-3G

測定ジオメトリ		充填量	換算係数 Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	5.40E+00
②	蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	2.01E+01
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	1.39E+01

CANBERRA

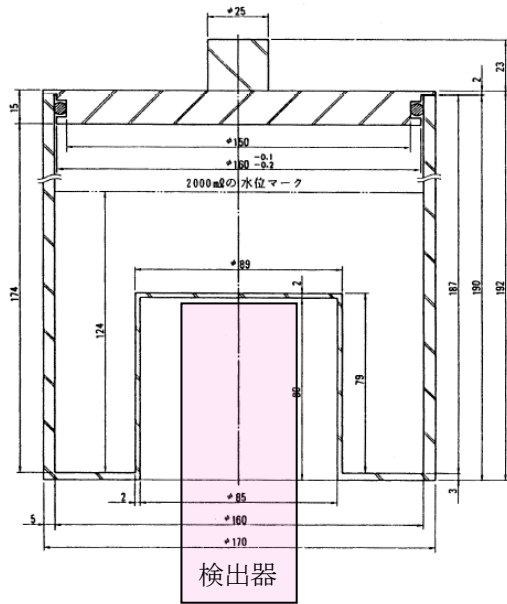
SG-1R

測定ジオメトリ		充填量	換算係数 Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	7.12E+01
②	蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	2.06E+02
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	1.48E+02
④	2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	7.08E+01

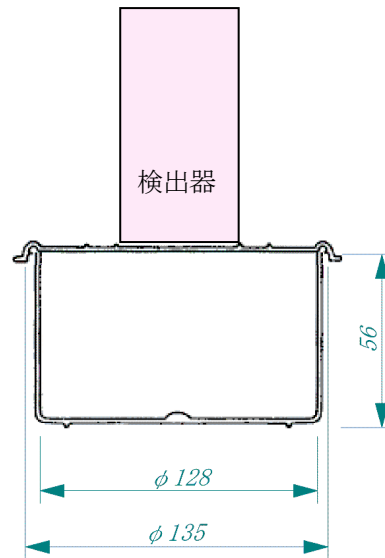
SG-2R

測定ジオメトリ		充填量	換算係数 Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	1.42E+01
②	蓋測定 タッパ (V5)	0.63kg	4.77E+01
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	3.33E+01

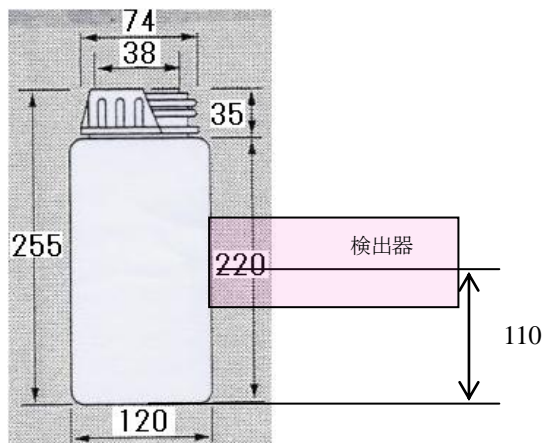
① 2L マリネリタイプ



② 丸型V式容器 (タッパ: V5) タイプ



③ 2L ポリビンタイプ (アイボーイ広口びん 2L) 側面



④ 2L ポリビンタイプ (アイボーイ広口びん 2L)

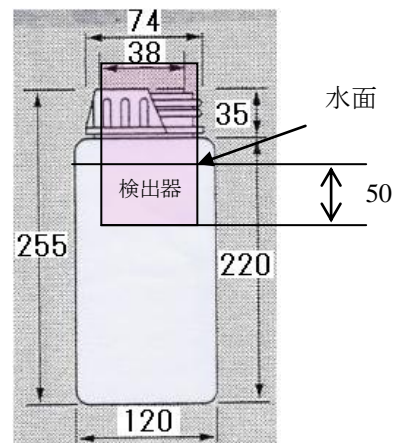


図1 検出器—線源間ジオメトリ