

緊急時における食品中の放射性ヨウ素測定に用いる NaI(Tl)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>

同マニュアルでは、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(Tl)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想定したものではなく、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い。

そこで、アイソトープ協会では、国内で多く使用されているNaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの製造・販売者の協力を得て、マニュアルに準拠した機器校正を実施した。

1. ¹³¹Iによる機器校正

¹³¹I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」に準拠し実施した。ここで言う機器校正とは、特定の容器に充填された¹³¹I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得て、指示値から試料放射能を求める換算係数を決定するものである。

1. 1 標準溶液の調整

特定二次標準器等により校正した¹³¹I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KCLを加えることと規定されているが、スクリーニングレベルの読み値に対しては自然に存在する⁴⁰K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。

国内で市販されているNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータにはエネルギー補償式と計数率表示

式の2種類がある。 ^{131}I から放出される γ 線(364keV)に対する感度は、エネルギー補償式の機器が計数率表示式と比較して数倍低い。「緊急時における放射性ヨウ素測定法」においてもこのような観点から計数率表示式が用いられている。本実験においても原則として計数率表示式を対象とした。但し、エネルギー補償式の(Sv/h)しか表示されないTCS-171(B)についても、現場における利便性を考慮し参考として測定を行った。その他の機器は、(cps又は s^{-1})と(Sv/h)の両方が表示され、(Sv/h)についてはエネルギー補償式と無保証式があるが、これらの機器については(cps又は s^{-1})についてのみ校正の対象とした。

2. チェック用線源(^{137}Cs)による動作確認

今回求める ^{131}I に対する計数効率(換算係数)は、実際に校正した各々の機器に対するものであり、これによって同形式の他の測定器の計数効率を補償できるものではない。しかし、NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータは、検出部のNaI(Tl)シンチレータのサイズ、線源—シンチレータ間の距離等(ジオメトリ)が同じであれば、 γ 線に対するエネルギー特性(単色エネルギーの γ 線に対する計数効率)はほぼ一定である。従って、必ずしも ^{131}I 標準線源で計数効率を決定しなくとも、計数効率を決定した測定器と同一条件で動作確認に用いられる例えば ^{137}Cs の γ 線源を測定し、その放射能当たりの指示値を比較すれば、今回の測定で得た計数効率が適用可能かを確認することができる。また、この測定を定期的又は使用の都度行い、指示値をチェックすることで、機器動作の妥当性も検証できる。

今回の測定では一般的にサーベイメータの動作確認に用いられている ^{137}Cs 線源(RI協会製401タイプ:約5kBq)を検出器の先端の中心に密着させて測定し、単位放射能当たりの正味指示値(レスポンス)を得た。

3. 結果

各測定器の ^{131}I 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②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した。また、測定ジオメトリ②では汚染防止のため、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。

チェック用線源を用いたレスポンスは表3の通りである。

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」に準拠した、市販のNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータの機器校正を実施した。本報では、速報として詳細については省略した。詳細は*RADIOISOTOPES*誌にて報告する予定である。なお、緊急時の現場における簡易測定では、マニュアルにおいて放射性核種をすべて ^{131}I として扱われているが、時間経過と共に半減期の短い ^{131}I は減衰し、放射性セシウムによる影響が相対的に大きくなる。この場合、放射性セシウムに対する計数効率についても考慮する必要がある。これについては状況に応じて、続報を提供する予定である。

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"	不明	Sv/h s ⁻¹	50keV	エネルギー補償式(Sv/h)目盛りあり
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)			Sv/h		エネルギー補償式(Sv/h)目盛りのみ
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			

表2 換算係数表

富士電機

NHC610B1

測定ジオメトリ		充填量	Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	1.96E+02
②	タッパ (V5)	0.63kg	5.59E+02
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	3.37E+02
④	2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	1.77E+02

日立アロカメディカル

TCS-172(B)*

測定ジオメトリ		充填量	Bq/kg/cps
①	2L マリネリ	2kg	4.57E+01
②	タッパ (V5)	0.63kg	1.35E+02
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	1.03E+02
④	2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	4.75E+01

*TCS-172(B)はTCS-172と同じ検出器特性を有する。

日立アロカメディカル

TCS-171(B)*

測定ジオメトリ		充填量	Bq/kg/(μ Sv/h)
①	2L マリネリ	2kg	3.07E+04
②	タッパ (V5)	0.63kg	7.76E+04
③	2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	6.31E+04
④	2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	2.76E+04

*TCS-171(B)はTCS-171と同じ検出器特性を有する。

5000S

測定ジオメトリ	充填量	Bq/kg/cps
① 2L マリネリ	2kg	4.48E+01
② タッパ (V5)	0.63kg	1.46E+02
③ 2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	9.72E+01
④ 2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	4.78E+01

LUDLUM

44-2 (MODEL3)

測定ジオメトリ	充填量	Bq/kg/cps
① 2L マリネリ	2kg	4.50E+01
② タッパ (V5)	0.63kg	1.27E+02
③ 2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	9.63E+01
④ 2L ポリビンタイプ 先端 5cm 液中	2kg	5.01E+01

LIR Radiation

identiFINDER

測定ジオメトリ	充填量	Bq/kg/cps
① 2L マリネリ	2kg	2.65E+01
② タッパ (V5)	0.63kg	5.86E+01
③ 2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	4.14E+01

Berkeley Nucleonics Corporation

940-GN

測定ジオメトリ	充填量	Bq/kg/cps
① 2L マリネリ	2kg	9.23E+00
② タッパ (V5)	0.63kg	3.10E+01
③ 2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	2.22E+01

940-2G

測定ジオメトリ	充填量	Bq/kg/cps
① 2L マリネリ	2kg	9.14E+00
② タッパ (V5)	0.63kg	3.03E+01
③ 2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	2.10E+01

940-3G

測定ジオメトリ	充填量	Bq/kg/cps
① 2L マリネリ	2kg	2.65E+00
② タッパ (V5)	0.63kg	1.60E+01
③ 2L ポリビンタイプ 側面測定	2kg	1.02E+01

<換算係数を用いたTCS-172による放射能算出例>

- ・ 試料測定 (指示値 cps) : (1回目) 100 (2回目) 98 (3回目) 105 (平均値) 101
- ・ バックグラウンド測定 (指示値 cps) : (1回目) 33 (2回目) 35 (3回目) 34 (平均値) 34

正味指示値 (cps) : 67

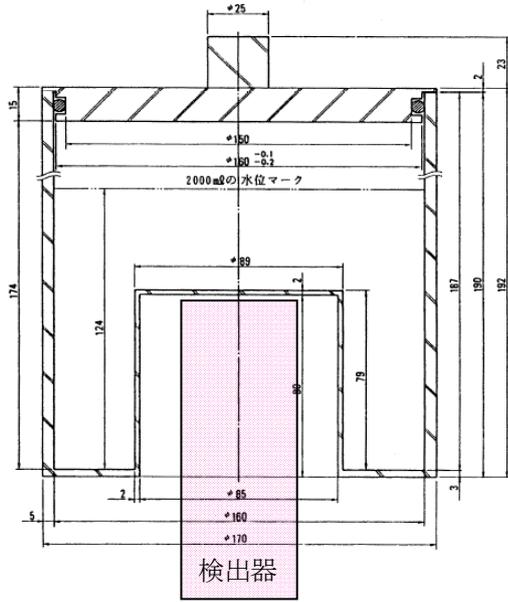
TCS-172 2Lマリネリ換算係数 4.57E+01Bq/kg/cps

放射能濃度 : $67(\text{cps}) \times 4.57\text{E}+01 (\text{Bq/kg/cps}) = \underline{3062} \text{ Bq/kg}$

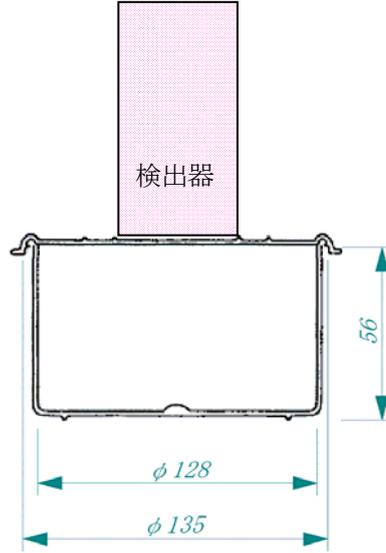
表3 ^{137}Cs レスポンス

測定器形式	^{137}Cs レスポンス	
	cps/Bq	$\mu\text{Sv/h/Bq}$
NHC610B1	2.19E-02	-
TCS-172 (B)	4.90E-02	-
TCS-171 (B)	-	2.24E-04
5000S	3.48E-02	-
44-2 (MODEL3)	4.29E-02	-
identiFINDER	4.83E-02	-
940-GN	1.47E-01	-
940-2G	1.81E-01	-
940-3G	2.19E-01	-

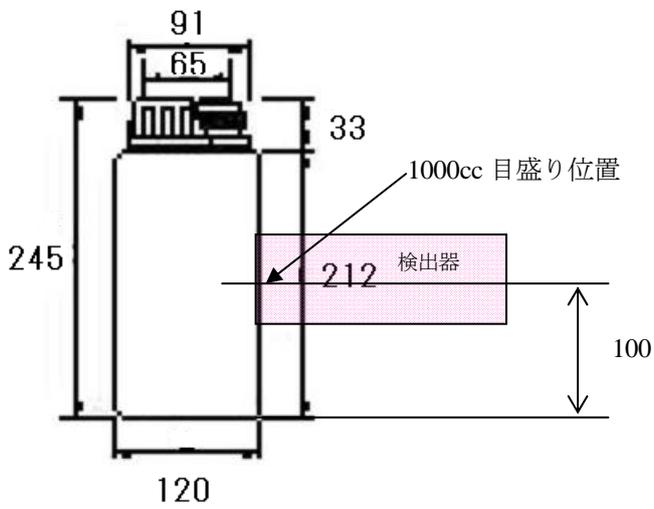
① 2L マリネリタイプ



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)

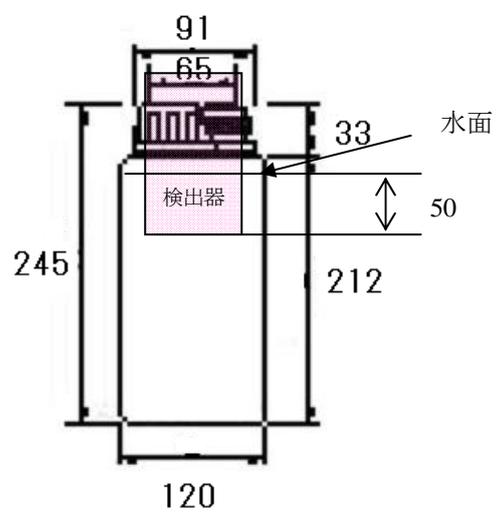


図1 検出器—線源間ジオメトリ