

放射線取扱施設における汚染検査試料測定の留意点について

○近藤真理^{A)}，小島久^{A)}，小島康明^{B)}，柴田理尋^{B)}

^{A)} 共通基盤技術支援室 環境安全技術系

^{B)} アイソトープ総合センター

1. はじめに

アイソトープ総合センターは、学内共同教育研究施設として、研究利用、教育利用等に供されている。多岐にわたる利用内容に応じて種々の装置が設置されており、それらの装置を標準的な使用において適正な保証値の範囲で利用できる状態に維持管理することは、センターに配属されている技術職員の重要な職務の一つである。

オートウェルγカウンタは、検出器に井戸型 NaI シンチレーターを用いたγ線測定装置である。検出効率が高く操作が簡便なことから、各研究利用だけでなく放射性物質による汚染の有無を調べる検査(汚染検査)にも用いられている。センターでは利用頻度の増加に伴い、同型式の装置を追加購入し、2台並べて設置している。十分強度のある試料を測定する場合には2台いずれの装置を用いても同程度の計数値が得られるのに対して、環境レベルの試料を測定する場合には約2倍の差があることが明らかになった。これは同型式であっても内蔵される光電子倍增管の違いなどから装置固有のバックグラウンドが影響することに由来している。センターでは、有意な汚染が検出されることは殆ど無く、汚染検査試料は主に環境レベルの試料である。利用者が簡易に汚染検査を行う場合には、短時間で計測し装置に表示される計数値のみを読み取ることが多いので、同型式の装置間で計数差が大きいと余分な混乱を招く恐れがある。

そこで、装置固有のバックグラウンドが及ぼす影響がどの程度の強度の試料から寄与するのかを調べ、利用者が簡易に汚染検査を行う場合の判断基準及び留意点について検証する。

2. 装置および測定試料

当該装置は ARC-7001 (日立アロカメディカル社製) 2機(A:平成14年度購入, B:平成19年度購入)である(写真1)。本装置の NaI 結晶は、直径2インチ(~50mm)、長さ2インチで、直径~20mm、深さ~40mm 井戸型の穴がある結晶であり、井戸の中に放射線源を入れて大きな立体角で測定できるため検出効率が高い。本報告では、当センターで最も使用頻度が高いγ線放出核種 I-125 の測定結果について述べる。I-125 は、図1の崩壊図式^[1]を持ち、図2のようなスペクトルが測定される。軌道電子捕獲により崩壊し、35.5keV のガンマ線及び娘核種由来の 27.4keV 及び 31.1keV の特性エックス線を放出するので、スペクトルには 35.5keV のγ線のピーク及び 60~70keV の付近に同時計数によるサムピークが現れる。本測定における測定範囲は、サムピークも含む 16~72keV に設定した。

測定試料は、I-125 を滴下して乾燥させたガラス繊維ろ紙を 8.5ml プラスティックチューブに収容して作成した(写真2)。オートウェルγカウンタは、計数値に試料の高さ依存性があるので、試料の高さによる影響を除くために同一試料を減衰させながら経時的に測定した。コントロール試料 (BG 試料) は、I-125 を滴下していないガラス繊維ろ紙をプラスチックチューブに収容して作成した。



写真1 オートウェルγカウンタ (ARC-7001)

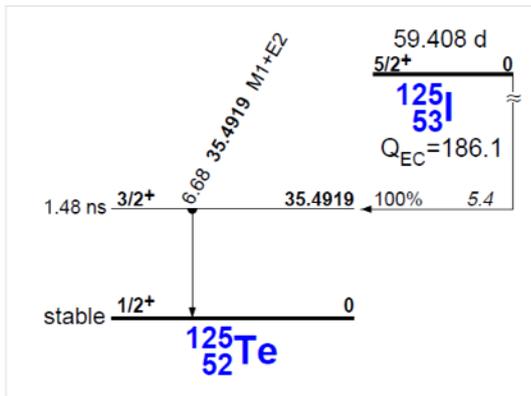


図1 I-125崩壊図式

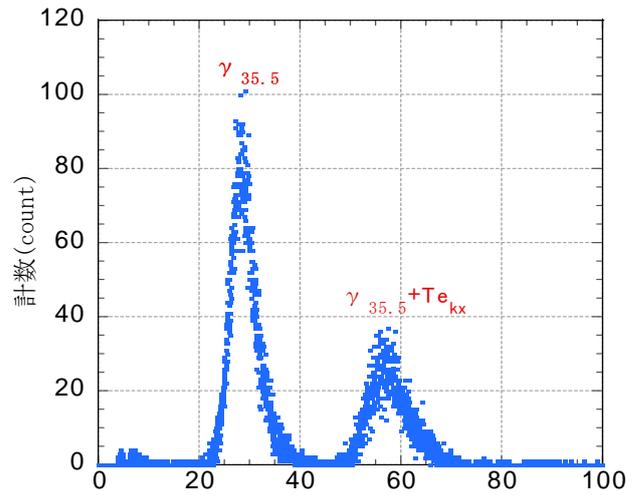


図2 I-125スペクトル

測定は、A、B 両機ともに1分間測定を3回繰り返した。
A機とB機での測定開始時間の差は半減期に対して十分小さいため無視した。

3. 結果及び考察

3.1 測定結果

I-125 試料 25 個 (No.1~25) および BG 試料を、2014 年 2 月～2015 年 2 月にわたって 3 サイクル測定で 16 回、延べ 48 回測定した。図 3 に、A、B 各機で得られた正味計数の比と放射能強度の関係を示した。ここで、放射能強度は、装置の検出効率を 70% として最初に算出し、各測定年月日で減衰計算した値である。4Bq 以下になると顕著に測定値の違いが大きくなった。

3.2 検出限界の算出

BG 試料の計数値の平均をとり、各装置の検出限界を算出した。検出限界 (N_{DL}) は、Cooper の式

$$N_{DL} = \frac{k^2}{2} \left(\frac{1}{t} + \sqrt{\frac{1}{t^2} + \frac{4N_b}{k^2} \left(\frac{1}{t} + \frac{1}{t_b} \right)} \right)$$

を用いた^[2]。測定時間 1 分における A 機の平均 BG 計数(N_{Ab})は 53 (count)、検出限界 (N_{DLA}) は放射能強度に換算して 0.85(Bq)であった。B 機の平均 BG 計数(N_{Bb})は 22 (count)、検出限界 (N_{DLB}) は 0.59(Bq)であった。ここで、信頼度 k は 3(99.7%)を用いた。

図 4 に各機の検出限界と測定時間の関係を示した。測定時間 1 分では、各装置固有の検出限界に差はあるが、いずれも 1Bq 以下まで十分な信頼性を持って測定できることが示された。測定時間が 30 分以上になると、装置差が少なくなることも示された。

3.3 簡易な汚染検査方法の検討

法定の管理区域外への搬出基準値の表面汚染密度限度は 4Bq/cm² であり、当センターにおける殆どの汚染検査試料は 4Bq 以下の強度である。図 3 で示したように、放射能強度が 4Bq 以下になると、装置による計数値に差が生じた。一方、図 4 では、A、B 機いずれの装置においても放射能強度 1Bq 以上の試料が 1 分測定



写真2 作成試料

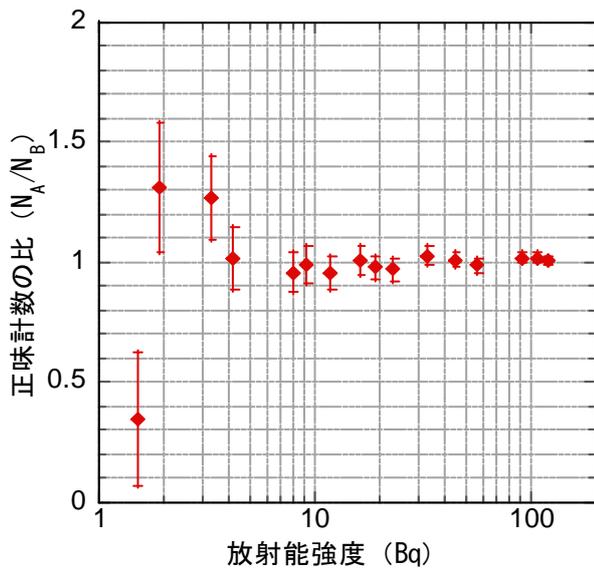


図3 放射能強度に対する正味計数の比

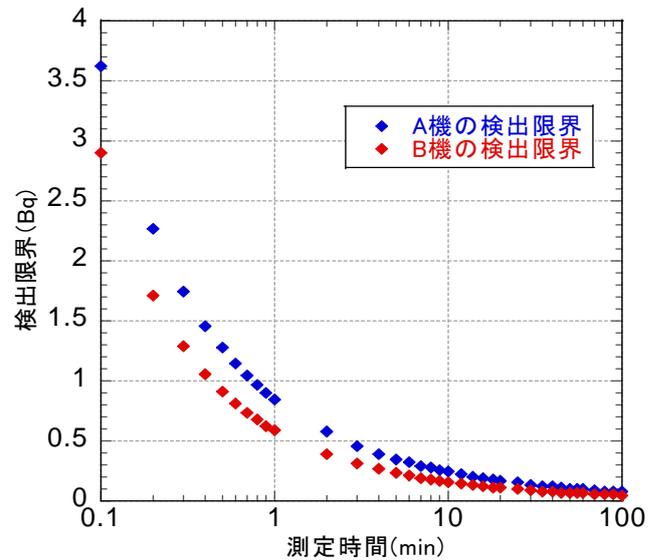


図4 測定時間に対する検出限界値

で十分信頼性を持って測定できることも示された。汚染検査試料は、1分測定で十分な精度が保証されるが、計数値を読み取るだけでは、一見、汚染の有無の判断に誤解を生じる恐れがある強度の試料であるということが確認された。

研究利用の合間に簡易に汚染検査を行う利用者にとって、汚染の有無の判断は、短時間に簡易にできることが望ましい。管理する側としては、検出限界値を示し、装置固有の影響や計数ごとの不確かさを理解して頂くことに努めるのはもちろんであるが、利用者としては装置に表示された数値から即時に大凡の汚染の有無を判断したいと考える場合は多い。装置毎に非汚染の目安となる数値を提示しつつも、よく理解しないまま数値だけが独り歩きをすると1count超過しただけでも汚染であるような誤解を受けることも有り得るのが実情である。そこで、測定の都度、検査試料とともにBG試料を測定して比較するように推奨し、必要に応じて計数の不確かさや検出限界について説明を添えて安全教育に努めることにした。一方、法定の定期的な汚染検査においては、利用者が1分測定で検査をした試料を放射線安全管理室で受け取り、再度30分間の測定を行っている。今回の測定結果を通して搬出基準値の1/10を十分満足させるだけの信頼度をもって検査ができていることが明らかになり、このような装置の特性評価が管理業務とともに利用者の利便性と汚染検査の信頼性向上の両面から有益であることが確認できた。

4. まとめ

同型式のオートウェルカウンタにおいて、装置毎に計数値が大きく異なることが判明したことを契機に、検出限界、誤差についての検証を行った。汚染検査試料を代表とする環境レベルの試料において、測定値に顕著に影響がでる放射能強度を確認し、各装置固有の検出限界と比較した。放射性物質の汚染検査において、利用者の利便性を保ちながら信頼性の高い検査方法を検討した。利用者自身には、検査試料測定時にBG試料測定を推奨し安全教育の充実を図ること、安全管理者としては長時間の確認測定を行いより高い精度で安全確保に努めることを提案した。

参考文献

- [1] Richard B. Firestone, Table of Isotopes CD-ROM Eighth Edition:1998 Update, Wiley-Interscience
- [2] J.A.Cooper, Nucl.Instr.and Methods 82(1970)273-277