

勉強会資料

福島県田村市での空間放射線線量の測定の試み— 1

福島県田村市のある建物がモニタリングチームの活動拠点になりうるかもしれないという情報が寄せられましたので、10月17.18日、モニタリングチームのメンバー4名が田村市を訪問し、その建物を見せていただきました。その際、建物とその周辺で空間放射線量の測定実習を行いました。また、往路および帰路でも空間線量の計測を行いましたので、これから数回にわたって、その報告を行います。

なお、この報告に出てくる計測値やその記録の仕方などは行動隊内の勉強会の資料に供するもので、行動隊モニタリングチームとして一般に公表することを意図した報告ではありませんので、計測値の取扱には十分注意してください。使用した計測器は市販されている測定器です。

- 1) S.E. International, Inc.社（米国）製 Inspector, GM 管式サーベメーター、 α 、 β 、 γ 線用、指示値精度 $\pm 15\%$
- 2) 関西電子社製 KRM 311 GM 管式サーベメーター、 γ 線用、指示値精度 $\pm 20\%$

これらの計測器は信頼できる標準線源(^{137}Cs)と標準計測器によって我々の手で校正されたものではありませんので、測定値の絶対値に関してはカタログに記載されている精度を一応の目安にして下さい。

今回の報告のポイント：計測器の使い方によって計測値はこんなに異なる！

訪問した建物（平屋）の雨樋から地上に雨が流れ出る辺りにマイクロホットスポットがありましたので、そこで2台の計測器の値を比較しました。

注意！！ 今回の写真は計測器を裸のまま直に測定物の上に置いています。この使い方は絶対にしてはいけない使い方です。通常は計測器が汚染しないようにするために、計測器をポリエチレンの袋などに入れてから測定対象物の上に置きます。写真を鮮明に撮るために汚染しないことを確認してから例外としてこのような使い方をしました。

写真 1



写真 1 の左側は **Inspector** で、アルファ線、ベータ線、ガンマ線のすべてに対して有感（感度がある）です。一方、右側は **KRM 311** でガンマ線に対してのみ有感です。この二つは、ともに、検出部にほぼ同じ大きさのパンケーキ型の GM 管を使用しています。測定値を見ると、 $10.99 \mu\text{Sv/h}$ に対して $5.40 \mu\text{Sv/h}$ と 2 倍の違いがあります。この違いは、ガンマ線に対してのみ有感であるように作られた計測器とアルファ線、ベータ線、ガンマ線の 3 種類の放射線に対して有感であるように作られた計測器の違いから来るものです。作り方の違いは測定器の裏側でわかります。次の写真で説明します。

写真2



計測器の裏面を見ると明らかなように、Inspectorは網の目の窓が開いている状態ですが、KRM 311はプラスチックケースで窓が閉じられています。アルファ線、ベータ線、が入射しないように遮蔽されています。

Inspectorの計測値からKRM 311の計測値を引いた値がアルファ線とベータ線の寄与であると結論する前に、両計測器がガンマ線の寄与を同じように計測していることを示さなければなりません。

写真3



写真3は2台を重ねて、Inspectorの窓が閉じられた状態にして測定してみた写真です。測定した場所は写真1と2の場所ではなく、アルファ線とベータ線の寄与がないと考えられる別の場所でしかも車内です。InspectorがKRM 311の上に載っていてInspectorの窓が閉じられた状態です。したがって、InspectorもKRM 311もガンマ線しか測定しない状態です。

Inspectorの計測値は $0.173 \mu\text{Sv/h}$ でKRM 311の計測値は $0.22 \mu\text{Sv/h}$ で両者の値は異なります。しかし、この“違い”を違いとして論ずることはできません。何故なら、両者の取扱書には指示値精度が記載されています。

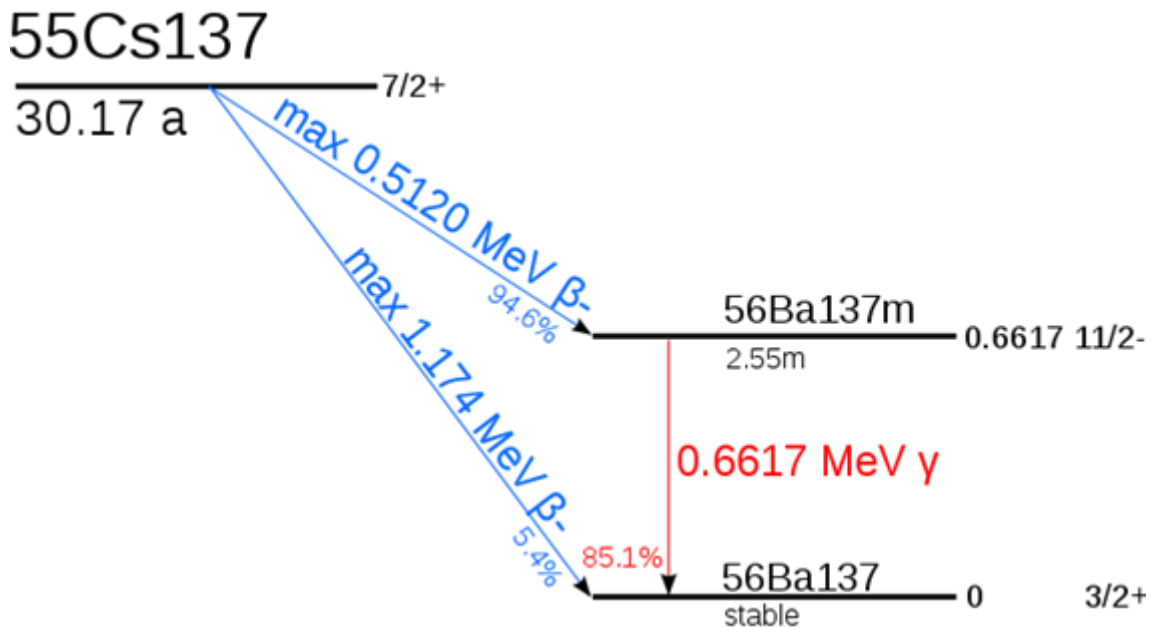
すなわち、KRM 311の指示値精度は $\pm 20\%$ ですから、本当の値は $0.18\text{-}0.26 \mu\text{Sv/h}$ の間にあることを示しています。一方、Inspectorの指示値精度は $\pm 15\%$ ですから、本当の値は $0.147\text{-}0.199 \mu\text{Sv/h}$ の間にあるということを示しています。

Inspectorの上限値はKRM 311の下限値よりも大きいです。したがって、両計測器はガンマ線に関してはほぼ同じ計測値を与えると言っていいでしょう。

なお、このような場合には、両方の検出器の示す幅が重なる領域がもっと確かな値であるとするのがいいでしょう。すなわち、 $0.18\text{-}0.20\ \mu\text{Sv/h}$ がこの場所でのガンマ線の強度です。

ここで写真 1 に戻って、Inspector の計測値から KRM 311 の計測値を引いた値がアルファ線とベータ線の寄与であることがほぼ間違いないことが分かりましたので、何故、Inspector の計測値が KRM 311 の倍であるかを考えます。

この辺りに残留している放射性物質の大部分はセシウム 137 であると言われています。両検出器とも放射線のエネルギーまで分析することはできません。したがって、放射性物質を同定することはできませんので、汚染源はセシウム 137 であると仮定します。セシウム 137 の崩壊の仕方を下図に示します。



セシウム 137 は約 95% がベータ線 (最大エネルギー 512keV) を放出してバリウム 137m (Ba137m) に変わります。バリウム 137m の半減期は 2.6 分ですので、直ぐにエネルギーが 662keV のガンマ線を放出してバリウム 137 という安定な (放射線を出さない) 核に変わります。したがって、1 個のセシウム 137 があるとエネルギーが最大 512keV のベータ線 1 個とそれに引き続いてエネルギーが 662keV のガンマ線 1 個が放出されることとなります。Inspector はこの 2 種類の放射線をそれぞれ検出しているため 1 個のセシウム 137 について 2 個の放射線を計測するのに対し、KRM 311 は後で放出されるガンマ線 1 個しか検出していません。したがって、Inspector が約 2 倍の値を示します。

さて、この二つの値のどちらを我々の被曝量として受け取るべきかを考えましょう。まず、ベータ線は靴底や厚手の衣服を貫通しません。したがって靴を履いてズボンを穿いていればベータ線の被曝はありません。しかし、裸足でショートパンツを穿いているような場合には足が被曝します。あるいは、顔を近づければ顔が被曝します。すなわち、その場所に私たちがどのような状態で居るかによって、どちらの計測値を使うかが決まります。

今回の報告のポイント：計測器の使い方によって計測値はこんなに異なる！
そして、何を知らたいかによって計測器を選び計測値を吟味しなければならない！

後日談

Inspector+を所持しているモニタリングチームの方から、つくば市での計測ではInspector+の計測値がKMR311の計測値の数倍になることがあったという報告がありました。数倍なんて！そんな馬鹿な！といって無視することも可能かもしれないのですが、そこは退役科学者、必ず理由があるはずだと考えました。まず、Inspector+のマニュアルを隅から隅まで読みました。Appendix Aの最後に、後ろの窓（網目の窓）を使えばエネルギーが0.001MeV (10keV)の γ 線まで計測できると書いてありました。つまり後ろの窓では β 線と同時に非常に低いエネルギーの γ 線も計測しているということです。上の解釈で考慮したのはInspector+の γ 線と最高エネルギーが0.512MeVの β 線でした。低エネルギー γ 線の寄与を無視した解釈は明らかに単純すぎる解釈です。Inspector+の μ Sv/hの表示はCs137から出た0.665MeVの γ 線が入射したときのみそのカウント数から換算した μ Sv/hを表示するように校正してあります。したがって、他のエネルギーの γ 線が来たときには μ Sv/hの表示は正しくないのです。従って、今のような場合には実際に検出器に来た放射線の数を比較する方がよい例です。

さて、元々は存在しなかった低エネルギー γ 線はどのようにして発生するのか？ 仮定として地上に落ちたCs137は雨によって地中に運ばれたとします。土壌はSi, Al, Fe, Ca, K, Na, Mg, Oなどの元素から作られています。Cs137から出た0.665MeVの γ 線はこれらの元素に束縛されている電子と何回も衝突を繰り返し、地上に出て来てInspector+にたどり着きます。電子と衝突する度に電子にエネルギーを与えますから自分の持っているエネルギーが減少します。衝突回数が多いほどInspector+にたどり着いた時のエネルギーは低くなります。おそらくこの衝突過程でエネルギーを失った γ 線がこのミステリーの鍵になるのではないかと考えました。なお、衝突過程ではね飛ばされた内殻電子の空席を埋めるためにやってくる電子が放出する蛍光X線がありますが、上にあげた土中の元素が出す蛍光X線のエネルギーはせいぜい7keVかそれ以下ですので、ここでは考えないことにしました。この解釈にもいくつかの疑問点があります。計測値を表現するのに μ Sv/hの表示を使ったのが混乱の元で、cpmで表示させておけば、解釈はもう少し簡単になったでしょう。