

ユーザーマニュアル 2011年09月20日版 ver,0.9

© Y.Utsunomia

- * 定確度計測の内容を充実しました。(09_20)
- * 改定：一部計算式を間違って表記していました。(09_20)
- * 食品などの計測のヒントを追加しました。(09_20)
- * 改訂：シーベルト変換のニュアンスを変更しました。(09_20)
- * 改訂：ユーザーマニュアル2の掲載に伴い、 β 線遮蔽関連の内容を追加しました。
- * カウンターユニットの電池寿命について追加記載しました。(08_02)
- * 電池が減ってきた場合の症状について追加記載しました。(08_02)

☆ユーザーマニュアルは紙に印刷し、重要部分にはアンダーラインを引き、ガイガーカウンターを使用する際には、いつでも見ることが できるように携帯しましょう。

☆動作の保障はワークショップ参加者やSBM-20の購入者だけでなく、このマニュアルの利用者すべてに適用されますが、使用者の不利 益を賠償するものではありません。装置の利用による様々な判断は、使用者の自己判断とします。

☆本書の内容は予告無く変更することがあります。

☆他のワークショップや学术论文、論説などにおいて、第三者はこのテキストシリーズの一部または全てを利用可能ですが、引用元としての"utsunomia"の名称と、バージョン番号またはバージョン日付の記載を必要とします。

1. 作ったガイガーミュラー計数器の性能

*このワークショップで製作した装置は、おそらくは学習だけではなく、重要な判断の助けとして機能すると思います。それだけに使い方を誤ると判断も誤る可能性があるのです、使える目的と使えない目的について、正しく理解してください。

○一般的性能（よく読んで使用下さい！）

ガイガーミュラー計数器の検知能力は、使用するガイガーミュラー管の性能に依存し、電気回路の性能にはあまり依存しない。つまり品質の安定したガイガーミュラー管を、正しい動作条件で使用すれば、カウントそのものは高級機であっても、このワークショップで製作する極限のシンプルマシンであっても何らの違いもありません。自分が持っている装置が単純なものだから・・・ということは、ひけめに思ふ原因にはなりません。むしろ単純であるが故、自作したモノであるが故、自分でメンテナンスや管理ができて、「奉らなくてもよい」分、役に立つと思います。とにかく「知ること」と「使用に慣れること」です。

また、本機が持っている根本的な問題点（1分測定でのCPMなどで数値がばらつくことなど）は、高価な市販のガイガーカウンターにも共通して見られる現象です。すべての変換作業は、手計算で行う仕組みになっているので、ガイガーカウンターが本来持っている情報を、あますことなく引き出すことができます。(09_20)

また高級機や高度の自作機では電池の持ちにも配慮している（一組の電池で何ヶ月も連続使用できる）ため、使いやすいのですが、高い線量では電力不足に陥るものもあり（そんな目には遭いたくないものです）、正常動作できなかったり、高湿度の環境では同じく電力不足になり動作できないものもあります。

このワークショップで作る装置は、消費電力が非常に大きく、単三電池一本で連続1～2日しか使えないでしょう。しかし、内部の高電圧は常に潤沢で、少々のカウントや湿度の上昇にはビクともしません。私の確認では、20000CPM（≒ 200 μ Sv/h）までは正常に動作していることを確認しています。

(ただし付属のカウンターユニットの動作は下記を参照)

(セット消費電流= 25mA at 1.5v・・・公称連続使用時間：50時間)

*ニッケル水素充電電池でも一応動作しますが、カウント数が本来の検知率に達しない場合があります。

*電池が消耗すると、検出ができなくなる前に、カウントされなくなります。

カウントされない状態でもイヤホンで検出を続行できますが、できるだけ早く電池交換するようにしてください。

(08_02)

*消費電力が大きく高電圧が潤沢であるため、動作チェックを行う際に、デジタルテスターで電圧を測定することができます。

**1ヶ月以上使用しないときには、本体高圧電源用の単三電池、カウンター用のボタン電池の両方を外しておきましょう。電池からの漏液はガイガーカウンターにとって、かなり有害です！

検知性能：使用するガイガーミュラー管、SBM-20 の能力に依存

検知線種： γ 線+ β 線 (α 線は不可)

バックグラウンド：15～20CPM (カウント/毎分)

1 μ Sv/h のカウント数：150.51CPM (γ 線/コバルト 60)
198.40CPM (γ 線/ラジウム 226)

*この数値は点線源を用いた、0 距離測定によるものなので、実際にセットに組み込んだ場合、それよりも低い数値になります。(09_20)

*カウント数からのシーベルトへの簡易変換

1 分間のカウント数 \times 0.00664

* SBM-20 を採用している製品の中には、100CPM = 1 μ Sv/h としているものもあります。

(線源から 3cm 離れたとして)

μ Sv/h = 1 分間のカウント \times 0.01

*** ケースに入れた状態では、100CPM = 1 μ Sv/h を採用すべきでしょう (ただし γ 線のみ入射・・・ β 線遮蔽として)。厳密には校正 (後述) を行う必要がありますが、それ以前に、計り方 (被測定物との距離、計数処理方法) による数値誤差が如何に大きいかを学んでください。(09_20)

カウント寿命：20000000000 カウント (2 \times 10 の 10 乗) 以上

最大入力線量：1.26mSv/h(1260 μ Sv/h) (252000CPM) 公称

30000CPM までは、このセットで確認

(ただし、高速なカウンターの場合。付属のカウンティングユニットの場合は下記のようになります。)

<セットでの動作状態>

動作電圧：360～400v (規定プラトー電圧：350～475v)

*詳細は SBM-20 のデータシートを参照

* SBM-20 は 10 万円クラス以上のガイガーカウンターに使用されている、もっとも信頼性の高いセンサーのひとつです。

<付属のカウンティングユニット (改造万歩計) の性能>

* **最大カウント速度**：毎秒 120 カウント (毎分 7200 カウント [CPM])

+ただし、本ガイガーミュラー管の動作回路において。

++注意>>ガイガー管からの出力は一定間隔ではなく、「ポアソン過程」と呼ばれる、気まぐれな頻度の信号であるため、ミスカウントを 10%としたときに、7200CPM の 1/5 程度しかカウントできません。この線量は、1440CPM \approx 14.4 μ Sv/h となり、これ以上の線量の場合不正確 (表示が低くなる) となります。

1000CPM 以上の線量を測定するには、低感度の CI-3BG などのガイガー管に交換するか、高速度のカウンターを用意して下さい。

*カウンティングユニットの電池寿命について (08_02)

無改造の万歩計では、電池寿命は 3 年以上ありますが、本ワークショップで供給している「高速化改造」を施した万歩計では、消費電流が増大しているため、連続使用で、約 1 ヶ月で表示が見えにくくなってきます。必ず予備の電池 (LR1130) を用意し、長期間使用しない場合は、電池をはずしておいてください。

2. 校正 —信頼できる測定のために—

測定装置は一般に動作テストとは別に、指し示している値がどれくらい正確であるか調べなければなりません。このことを一般に校正とか較正（どちらも読みはコウセイ）と呼びます。

校正には次に示す 2 つの方法があります。

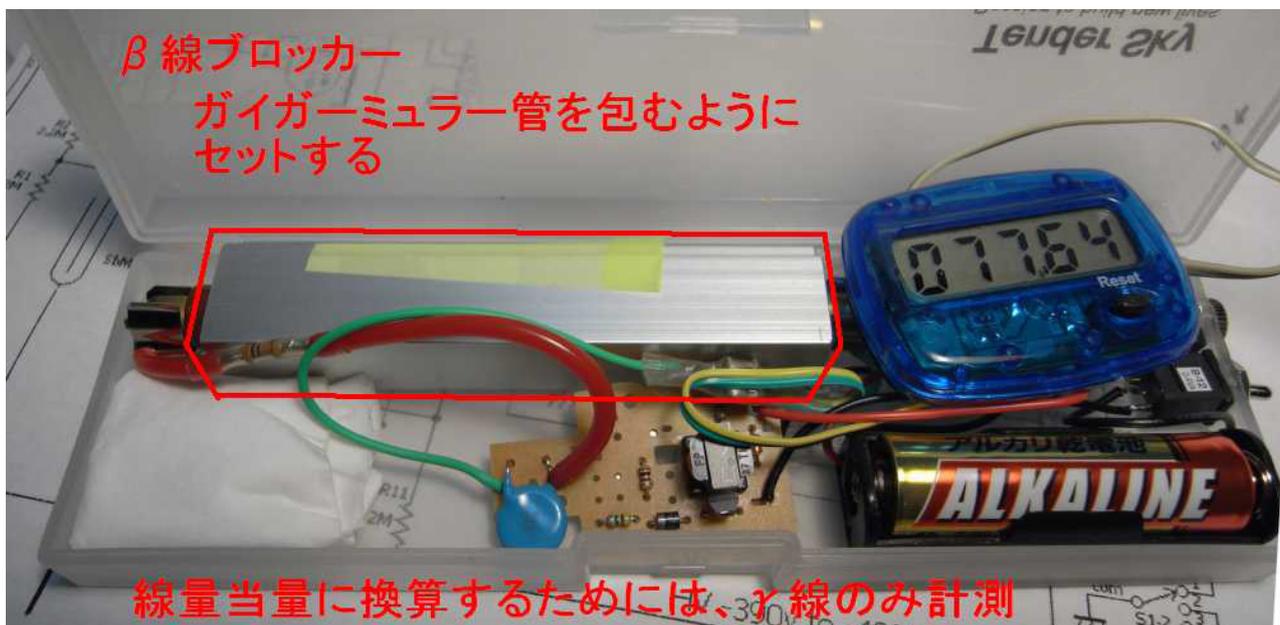
- 「値のはっきりしている標準線源を測定したときの読み」を記録し、以後その読み値を参照する・・・例えば $1 \mu\text{ Sv/h}$ の線源を測定してみて、そのときのカウント数が 122 カウント / 毎分（カウント / 毎分 = CPM）だったら、その値を今後の測定の参照とする・・・仮にあるサンプルを測定してみたら 62CPM だったときに、そのサンプルの発する放射線量 = $1 \times (62/122) = 0.508 (\mu\text{ Sv/h})$ という風に算出する。
- 「校正済み測定器と比較し、読みの修正値を求め」以後その修正値を参照する。校正済み測定器と自作したガイガーカウンターを並べて、何らかのサンプルを計測する。
校正済みの測定器での読みが $2 \mu\text{ Sv/h}$ だったときに、自作ガイガーカウンターが 240CPM であつたら、自作ガイガーカウンターの $1 \mu\text{ Sv/h}$ の値は $240 \div 2 = 120\text{CPM}$ ということになる。

＊ ＊ 注意：電池の残量により、一定の影響を受けます。残量が少ないと検出率が低下します。電池は必ずアルカリ電池を使用し、数値を必要とする計測は、使用開始から 30 時間程度を目処にしてください。30 時間以上でもカウントはしますが、検出率が低い方へシフトします。もちろんその状態でも激しくカウントアップしている場合、危険を意味します。

＊ ＊ 注意：ガイガーミュラー管の性質として、高電圧印加後（電源投入後）3 分程度は動作が安定しないことがあります。数値取得する場合は十分に暖機運転しましょう。

＊ ＊ ワークショップ参加者に販売するガイガー管は、utsunomia.com で全数検査済みです。全数 SBM-20 の一般性能の許容誤差に入っていますので、最低限の精度は確保されていると考えてください。（1 分間の測定校正では、管の物理感度誤差を数学的測定誤差が上回るほどの精度が確保できています）

＊ ＊ シーベルトへの変換を行うには、ユーザーマニュアル 2 を読み、 β 線遮蔽を行い、校正を行う必要があります。



参考) 放射線は α 線、 β 線、 γ 線のように種類があり、それぞれの線種によって管の種類によっても反応はまちまちで、しかも同じ γ 線であっても、線源の強さによって反応の違いがある。

例えばコバルト 60 とラジウム 226 では、同じ線量の γ 線でもカウント数はラジウム 226 の方が 30%ほど高い。真の値を得るには、熱量（仕事量）に換算することになるが、熱量変換と換算は個人で気軽にできる性質のものではありません。

また測定の方法（センサーの種類・・ガイガーミュラー管、シンチレーター半導体プレート、等）によっても感度特性は異なり、どれも一発真値ではありません。とくにガイガーカウンターの場合、あくまで「目安」として扱うべきですが、個人の手作りでも十分に安定した動作が可能で、しかも β 線に対しても高い感度が期待できます。このことは他の方式に対する利点と考えられますが、同時にこのことが数値確定の障害にもなっています。

参考 2) また、線源とセンサーの距離も重要で、距離の 2 乗に反比例して検出値は小さくなる（ γ 線・点線源）ため、測定するときの距離が異なる測定値は信憑性がありません。また線源が点であるか巨大な面であるか、自分が線源の中にいるかで、この「距離の 2 乗に反比例」自体が成立しなくなります。

このワークショップは有能な測定技師を育成することではなく、身を守るためや放射能を理解する（呪いに等しい事象を、単なる物理現象に引きおろすということ）ことが目的なので、この不合理は利用できます。距離を変えても観測値があまり変化しないときは、線源が巨大か取り囲まれているかということになります。逆に測定値が位置により大きく変化する場合は、線源に限られた大きさであり、位置や距離を推定できるかもしれません。その場合は反応が多少強くてもあまりビビらないでもよいかもしれません。よけることができますからです。

このような場合には数値による把握よりも、ポツポツ音の頻度に耳をかたむける方が実戦的です。（反応が早く、知覚しやすいからです）

* 検知や数値への換算は、原則として線源に近接する必要があります。

* 接近のあまり、本体ボディーを汚染しないよう気を付けます。また汚染の可能性が予想される場合は、サラップなどで本体を覆い、汚染を避けます。

* BG のはずなのに、常に高カウントしている場合は、汚染の可能性がありま。本体外側を中性洗剤などで除洗し、効果が無い場合はボディーを破棄し、新たなボディーを作成します。

3. 使い方

使い方には以下の4つの方法があり、製品としてのガイガーカウンターでは目的（に合致した使い方）から、サーベイメータ、ドーズメータ（個人被ばく計）のような分類があります。

ワークショップで製作するガイガーカウンターは厳密にはどちらともいえない（どちらの用途にも使用可能）、未分化な装置です。以下の1)、2)はサーベイメータ、4)はドーズメータ、3)は・・・モニタリングポストのように呼ばれる場合があります。

- 1) 具体的な測定対象がある場合「数値計測モード」（下記書式を参照）
- 2) 線源の場所を特定する「ハンティング」あるいは「サーチ」（下記書式を参照）
- 3) 一定の場所で、日々の線量を記録するロギング、
- 4) 身に付けておき、自分の積算被ばく量を把握する「ドジメトリー」などがあります。

計測対象は水や食品、衣類やかばん、地面や家屋等ですが、水や食品に含まれる放射線の測定は、非常に高度な技術が必要とします。その理由は線量が微量であり、水分を含んでいるものが多く、そのためガイガー管にたどり着く前に減衰してしまい、BGとの識別がしにくいことがあげられます。また食品にはカリウムを含むものが多く、カリウムなら安全とは言えないのですが、反応が原子炉由来の物質なのかカリウムなのか、識別がしづらいです。またBGが少ない環境も必要で、専門機関では測定対象を乾燥させ、鉛でできた容器に入れて測定します。

正確には放射線を発している核種を同定する必要があり、簡易なガイガーカウンターでは難易度が高いといえます。（今後のワークショップでは、核種同定に対応していく予定です）

そこまで高度でなくても、原子炉由来で、真に危険なものは1cm以内の距離に置き、10分程度計測すると明確にBGと識別できるカウントになることが多いです。この検査で識別できなければ安全である、とは言えませんが、ガイガーカウンターが無ければ、それも知ることができません。当然のことですが、減塩塩（後述）やバナナより高いものは要注意（というより避けた方がよい）でしょう。

プルトニウムやウラニウムは主に α 線を発しているのですが、SBM-20では直接検出はできませんが、これらを含む塵などは他の放射性物質と同居しているので、物質は特定できなくても危険は察知できます。先日の民家の床下からラジウムが見つかった事件がありますが、ラジウムは本来 α 崩壊なので、 α 線だけなら表の通りからは検出できるはずはありません。ある瞬間100%のラジウムを作ったとして、その直後から、ラジウムからはラドン、鉛、ビスマスなどが生まれ、これらから強力に γ 線や β 線が発せられるために、表の通りでも γ 線が検出されたわけです。つまり、物質が定まらず変移し続けるモノが核物質なのです。

定義上シーベルトに変換するには β 線を遮断し、 γ 線のみで計測する必要があります。しかしわれわれが知りたいことは、それが危険か危険ではないのかを識別することある。体外からの外部被爆については、この γ 線で評価する考え方は一定の合理性があるといえますが、直接体に触れるものや口にするものについては、この限りではありません。通常の食品には減塩塩やバナナを超えるカリウム含有食品はほとんど無く、 β 線を含め、これらを超える放射線の食品は要注意と考えられます。とくにストロンチウム90などは γ 線をほとんど出さず、そのために高価なシンチレーション・カウンタでは見落とされる傾向がありますが、SBM-20では、高感度にこれらを識別できます。（ただし β 線を含む状態ではシーベルトへは換算できないのでご注意ください！ また、原子炉由来のストロンチウムの場合、現実的にはセシウムと一定の割合で同居している、とされています・・・つまりシンチレーションカウンターでも検出できる・・・が、現実には想定を超える事態のオンパレード（自然降下物だけとは限らない）なので、やはり民間での観測には β 線を含めるべきと考えます）

筆者の希望としては、あまりシーベルトにこだわらないでほしいです。また、 β 線は推奨ケースのポリプロピレン製の筆箱でも、相当に弱まるので、 β 線について高感度に識別したい場合は、サランラップ1枚程度で食品などと接するような測定が有効です。（09_20）

2) ハンティングまたはサーチモード

このセットは線源の場所を特定する用途では、より高いパフォーマンスを発揮します。カウンターの読みよりも、イヤホンからの音に耳を傾ける方が能率的でしょう。

動作状態で、ゆっくり動きながらカウントの高い場所を探します。今回の事故でも、300Km 圏内では、窓枠や雨どい、吹き溜まる場所では、高い線量が観測されることがあるようです。

このような目的では、ガイガーカウンターに放射性物質が付着してしまうこともあるので、サランラップや厚手のポリエチレン袋などで覆い、防汚使用しましょう。

* 1)2) の用途で、線量当量を得ようとする、β線ブロックをする必要がありますが、目的の多くは放射線源の有無の察知なので、通常はβ線ブロックは必要ないでしょう。数値の確定（を試みる）場合にのみβ線ブロックをご使用下さい。

3) ログイング、個人モニタリングポスト

電源管理や記録が意外と面倒で、写ルンです改造の高圧電源に代わり、高効率高圧電源や記録に手助けとしてコンピュータによる支援などが欲しくなります。安易に AC アダプターなどを使用しないで下さい。AC 電源由来のノイズや、過剰の電圧で、本体が破損する可能性もあります。

また筆者の作例として公開している、高圧電源を作れば、単三を 2 本で、2 ヶ月以上の安定した連続計測ができます。

一日の中でも、太陽の活動の影響を受けるため、時間帯によって一定の上下があります。

とくに定確度計測はその威力を発揮します。PC やスマートホンでカウントし、ファイル化するソフトが容易に見つかるはず。ファイル化したデータはエクセルなどで統計処理できます。接続については、今後時機を見て増補していきます。

4) 高効率の高圧電源（作例では、再現性重視型）とカウンターが必要です。

4. 測定

* 熟練しないうちはシーベルトへの換算は、行わない方がよいと思います。まず、定性的読み取り（普通か、普通ではないかの測定）に熟練しましょう。カウントの上がり方や、聴こえるカウント音で、正常か異常かを理解できるようにしましょう。

* 従来、ガイガーカウンターによる計測結果は、CPM (count per minut) = 「一分間あたりのカウント数」で表します。

* 熟練しても記録の原本は CPM (毎分のカウント数=定時間計測) や、100 または 1000 カウントに要する時間の記録 (定確度計測) が必要です。(換算するごとに情報は失われていきます! これらのデータは換算を経ていないので、データとしての信頼性が高いと言えます。しかし比較のためには同じ表現系列であると便利なので、定確度計測の場合も、下記の計算式で CPM 表現します)

** この 100、1000、10000 カウントに達する時間を測定する方法を、筆者は「定確度計測」と呼んでいますが、この方法は数が多いほど (実用的には 100 または 1000 を推奨) 安定した数値が得られ、同じ時間かけた断片的な 1 分測定の平均よりも、数学的により安定で正しい数値が得られます。

変動誤差はカウント数の $1/2$ 乗になるので、100 カウントで誤差 10%、1000 カウントでは 3.2%、10000 カウントなら 1%と、平均的なガイガーカウンターの BG である 10 カウント (= 31%) とは格段に改善することができる。

1000CPM (およそ $10 \mu\text{ Sv/h}$) ほどの線量の測定では、定確度測定と、1 分測定による CPM の数学的測定精度は同じになります。

現在の市販の製品にはこの測定機能を搭載したものは無く、もっとも先進的で合理的な測定手法のひとつと言えます。

定確度計測ではカウントした数値を C、それに要した時間 (秒数) を T とすると、 $\text{CPM} = C \times 60 \div T$ のように CPM に換算して利用します。

例えばカウント数を 1012、それに要した時間を 56 分 41 秒とすると、秒数は $56 \times 60 + 41 = 3401$ (秒)、CPM は $1012 \times 60 \div 3401 = 17.85$ (CPM)。1012 は、本当は 1000 カウントの時間を測定したかったのに、ちょっと目を離れた際に 1012 になってしまった・・・のように。

小数点以下は 100 カウントなら 1 位、1000 カウントなら 2 位になるように四捨五入。(09_20)

☆書式の提案

定確度計測した場合、1 分間のカウントの測定結果とは、確度 (正確さ) も意味も違います。そこで、1 分間のカウント「CPM」に対して、CPMK・・・一定を意味するコンスタントは "constant" だが、C がくどいのでドイツ語表記 "konstant" で。あるいは、 $K \times C / \text{mmMssS}$ (yy.yCPMK) のような表意表記はどうか。

* 計測は 1 分間や 100 カウント時間 1000 カウント時間に限らず、任意の時間計測し (一般的には 1 分以上)、その時間のカウント数から 1 分ぶんのカウント数を割り出してもよい。

例: 3 分 10 秒測定し、その間のカウント数が 53 なら、 $53 \times 60(\text{秒}) \div 190(\text{秒}) = 16.7\text{CPM}$ のように求める。実際にバックグラウンド近くの線量の場合、10 分~1 時間の長時間測定を行わなければ、有効な判別できないことも多い。

(このような場合もおおよそ 100、あるいは 1000 のようなカウント数を目標に測定することで、「確度」を一定化することができるので、より安定した数値を得ることができます)

1 分間の定時間測定やその平均もよいですが、定確度計測は非常に高い数値安定性を得られるので、強く推奨します。

*本機は積算カウントを行うように設計されています。そのため、カウンターをリセットしない限り、アップカウントし続けます。そのため、特定の場所や特定資料を計測する場合、いちいちリセットすることは面倒で、1分計測する場合でも、00000～00XXX カウントのような使い方は向いていません。

例えば1分の開始時点が、01012で、1分終了時が01135、のような計測を行います。下記書式の場合は、開始カウントと終了カウントと測定時間を現場で書き込みます。このデータが最も重要で、その下の測定値___CPMよりも優先します。測定値___CPMは終了カウントから開始カウントを差し引いた値になり、この場合は123となりますが、誤りが入り込む余地があるわけです。

また時間が1分でない場合はその数を時間で割らなければいけません。その時間が78秒なら $123 \times 60 \div 78 = 94.6$ (CPM) となります。このような処理は落ち着いた環境で行いましょう！！

*万一測定結果が1000CPMを超えるような場合は、ガイガー管は正常に作動していてもカウンターの読み落としが明確に増えます。そのような測定が多い場合は別途高速なカウンティングユニットをご用意ください。(09_20)

*定角度計測についての補足がユーザーマニュアルの2にあります。とくに線量識別を行う場合、多すぎるカウント数は長すぎる測定時間につながり、解像度(識別)が低下するため、定角度計測は100または1000カウントを目安にしましょう。ただしBGの継続計測や積算線量測定は、この限りではありません。

注意：付属のカウンターは99999以上カウントできないため(99999→00000にならない)、計測前に最大カウントになりそうなきにはリセットしてから計測してください。

<測定風景>



5. 記録書式例

A 検出管 = SBM-20 使用開始時期 = ____年__月__日 utsunomia workshop 謹製
β線遮蔽の有無 _____

BG = ____ CPM BG 測定日 = ____年__月__日__時__分

BG 取得場所 = _____

B 測定日時 = ____年__月__日__時__分 測定場所 = _____

測定場所資料 = 写真番号・地図番号 測定距離・位置 = _____

* GPS データ 測位系 TOKYO97 WGS84

LA ____" ____' ____" ____N LO ____" ____' ____" ____E

B' 開始カウント Cs = _____ 終了カウント Ce = _____ 測定時間 Ct = _____

測定値 = _____ CPM $[(Ce - Cs) \times 60 \div Ct]$

線量当量簡易換算値 = _____ μ Sv/h

測定者 _____ 測定番号 _____

C 測定後の BG = ____ CPM 測定後 BG 取得時間 _____ 測定後 BG 取得場所 _____

D あったほうがよい測定条件付属事項

天気 _____ 温度 _____ 湿度 _____ 特記事項 (note) _____

E より高度な計測：(1000 カウントに要した実測時間 = ____分__秒

線量当量簡易換算値 = _____ μ Sv/h)

F NOTE

*この欄は特記事項や B' の取得のためのメモや、複数のデータの記入、などに使用する。メモや落書きも残せるところが、手書きの重要な利点。

6. 書式解説

書式例に従い、各自で記録用紙フォームを作成し、紙出力したフォームに手書き記入することを原則とする。

筆者は裁判などの証拠鑑定を手がけることもあるが、記録の鑑定において信憑性は記録者の論理性や記録習慣に依存することが大きく、絶対的な精度よりも記録としての完全性が問われます。デジタルメディアにおいて人を介さない自動記録が優勢に思われがちですが、自動であろうと手動であろうと、記録を作成するのはあくまで「人」であり、現状において手書きの価値はまだまだ失墜しているとは言えません。

よく素人の自作した装置で、素人の行った測定など何の価値も無い、と一蹴する方もいますが、似非専門家の行う煙に巻いたようなよくわからない数値の一人歩きよりも、論理的手順に従った誰にでもわかりやすいデータの蓄積の方がよほど信頼に足りますし、法的価値も高いといえます。なぜなら、このデータの蓄積を一蹴するには、測定値そのものよりも、論理性を論破しなければならないからで、論理が単純であれば単純であるほど論破は困難となります。

まめにがんばりましょう。手書きの紙が原本となります。後でまとめて書いてはいけません。

測定手順論理： |BG 測定 |・・・|測定 |・・・|BG 測定 | |NOTE|

A の項目は「装置」の出所を評価するために必要で、異なる装置を使用する場合はそれを記述しなければなりません。装置の信頼性や確度を評価するには、このテキストやワークショップの内容の評価を行うこととなります。

この装置は、厳密な校正を行いませんが（使用されるガイガー管が全数 utsunomia.com 側で検査されているため）、A 項にあるように測定ごとに BG を計測しているので、絶対的な精度は棚上げで、相対的な精度を測定ごとに確認していることとなります。つまり校正のなされた絶対値よりも、測定ごとに相対感度を確認の方が重要であるからです。またガイガーカウンターの測定結果の単位系は「カウント」であり、線量当量であるシーベルトやエネルギー量には簡易換算しかできません。厳密な意味での絶対精度は求められないと考えてください。（これは市販の製品についても言えることです）

B: 構文と同じで、誰が、いつ、どこで、何を、どのように計ったのか、とその結果の原本と、換算値（必携ではない）です。換算値を知りたい方が多いですが、換算値自体は何の意味もありません。どのような式を用いようと目安以上のことは容易にはできません。

場所のデータは当然のことながら重要で、地図への記入、写真の添付などが必要で、今風には GPS による緯度経度や GPS ロガーによるデータは有力です。とくに GPS ロガーの場合、Google map、Google earth との連動ができるため、重要な位置データの取得を自動化でき、ロガー本体中にあるデータは、法的有効性も高いとされている（が、エクスポートされたデータはこの限りではない）。使い方 4）の積算被ばく量の追跡にも GPS ロガーとの連動は有力。

*フィールドでの GPS マップや位置確定のツールについては、utsunomia.com にも参考情報「地図愛好家の私」があります。

< GPS logger >



*いわゆる「カーナビ」も GPS ロガーと同様に見えるが、カーナビでは自分の現在位置が「最寄の道上」に丸め込まれるため、必ず緯度経度を参照し、書き留める必要があります。

* GPS を用いて位置情報を取得する場合、そのセットの測位系が日本ローカルの TOKYO97 なのか、現世界測位系の WGS84 なのか把握する必要があります。両者は緯度経度ともに数百 m の違いがあり、TOKYO97 はナビに多く、WGS84 はロガーに多い。

Cは、Bの計測が、AとCの間に挟まれていることで、より信憑性が高まることの確認、補強のデータになります。しかし、この計測を真に切望している汚染地域に在住されている方では、A、C、ともに尋常ではない数値になるので、定期的に非汚染地域で BG の確認を行うことを推奨します。

D・・・ガイガーカウンターは、つくりによって温度や湿度の影響を受けます。測定考証のためこれらの情報があると、記録としての価値を高めます。(本ワークショップで製作するガイガーカウンターは、構造的にこの影響が小さくなるような配慮が施されていますが、心配な場合はご確認ください)

E 習慣的には根付いていませんが、低線量において1分間のカウント数の計測よりも、数学的により高精度の計測がこれです。本文の「定精度計測」を参照下さい。ただ、計測時間が一定ではないため、忍耐が必要です。本装置の場合は、およそ1000になるまで放置測定し、1000を超えたところでそこまでの時間とカウント数を記録します(定精度計測は、マニュアル2にも詳細があります)。

7. 解説

○始業点検 (Aの内容と同じ)

計測に入る前に、汚染されていない環境で BG (バックグラウンド) を計測し記録しましょう。汚染地域へ行く場合、事前に十分 BG の測定を行い、セットの動作状態を把握しましょう。

*アルカリ電池は 50 時間以上の連続使用に耐えるはずですが、重要な測定の前には交換し、交換後に BG を確認しましょう。高汚染地域では大変と思います。(電池電圧の低下はカウント数の低下として表れます。電池が消耗することで異常な高カウントになることはありません)

○定期点検および訓練

線量のはっきりしている線源を必ず一つは用意し、定期的にカウント数の点検を行いましょう。この点検は、装置としての点検と測り方の点検の両方の意味があります。しばらく使っていなかったときに、この点検を行い、同様の数値結果にならない場合、装置の特性の変化とともに、測り方の変化の可能性もあります。



*一般家庭に常備できる線源として「減塩塩」(塩化カリウム 50%の塩・・・商品名では「減塩習慣」:大正製薬/400g 袋)を推奨。カリウムは 0.012%の放射性同位元素のカリウム 40 を含むため、推奨の線源で 110CPM (β 線:SBM-20 での測定値・・・正確にはガイガー管で β 線を線量当量には換算できません・・・あくまで CPM で取り扱い下さい)の放射がある。(ただし、SBM-20 をケースに入れられない場合の数値で、ケースに入れることで検出率は低下します。ケースに入れることで β 線が幾分弱まることと被測定物から離れることが原因です。その低下を把握できるようになりましょう。)*****

改訂 2011_09_20) β 線を検出の要にすることは賛否両論ありますが、筆者は放射性物質の有無とそのおおよその度合いから、 β 線も含め識別することを、強く推奨します。当然ですが、どんな食材にどれくらいのカリウムが含まれるのかを把握するか、基準となる同等の非汚染食材との対比較となります。

学術的には正確な定量測定が困難なものを尺度として採用することを良しとしないが、われわれが知りたいことは「安全であることの保証」ではない。もちろんそのような保障があるなら大いに結構なことなのだが、被ばくによるがんの発生機序すら解明されていない現状では、およそ望むべくもないことと考える。ならば「一定以上の危険を察知する」ことから始めるしかないのではあるまいか。

重要注) 論理として、「一定以上の危険を察知・危険が『有る』」ことは容易に言えるが、「安全である・危険が『無い』」ことは論証そのものが困難で、危険が有る以下は広大なグレーゾーンが広がっているのであり、危険が無い状態とは「一定の定義（無いことの定義＝割り切り）」のもとに言っているに過ぎない。要は程度問題なのであり、実質的には全排除するほどの努力を払ったとして、そこそこの被ばく量に収まる・・・というのが現実で、その努力もしないなら、押して知るべし。

また学問の論理構造とは、無いことを証明するために、おびたしい「有る」を積み上げる宿命を負っていることも知るべき。で、肉体の被ばくに関して、積み上げが今もって不十分であることも。

β線をたよりに識別するのに、β線+γ線の強度が、

○バナナ以上減塩塩未満 → グレーゾーン → 成分分析またはベクレル測定などの詳細検査

○減塩塩以上 → 食用不可の判断でも、一定のリスク回避が可能と考える。

*簡易なシンチレーションでは見落としてしまうストロンチウム 90 なども、かなり高い確率で発見可能です。

*β線測定は、表面汚染測定と考えてください。

*一般的な生活環境の中にも、放射線はないのにガイガーカウンターが誤動作するものがあります。一般的なものとしては「放電や強い電磁波」を発する機器です。例としては、蛍光灯、ネオン管、プラズマボール、液晶画面、電子レンジ、一部の携帯電話などがあります。

測定にあたっては、これらの機器が近く(2~5m程度)に無いことを確認しましょう。当ワークショップで製作するガイガーカウンターは、これらからの影響を受けにくく設計されています(しかし、当ワークショップで製作したガイガーカウンターを「計測プローブ」として、PCや携帯電話などの外部カウンターに接続して使用した場合、影響を受けやすくなる可能性があります。十分試験使用などで確認のうえ、ご使用下さい)。

*一般的な生活環境でも、場所によってBGには差があり、自分の環境の放射線の分布を把握しましょう。

*食材の汚染識別をガイガーカウンターで行うことは、一般的に困難であるとされています。しかしその理由はガイガー管の自己ノイズ、ポアソン過程による真値の攪乱(ノイズ変調)が大きいため、これを大幅に低減できる、定確度測定を行うと、有意に一定の識別が可能です。100カウントまたは1000カウントの定確度測定では、みかんとバナナの識別程度は容易に訓練可能と思います。

< banana 測定 >



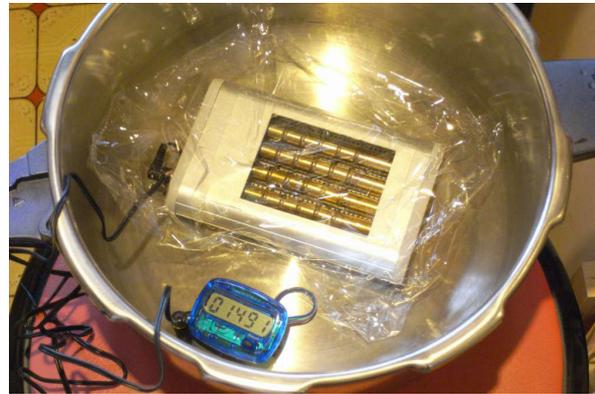
写真では鍋を使用していますが、アルミ、ステンレスの厚板でできたものが好ましいですが、鍋そのものが放射線を発している場合がわりとあるので、まずBGと比較し「良い鍋」を選んでください。鍋を使用することは外界からの放射線を一定量（わずかではあるが）遮蔽できるだけでなく、食材からの放射線のある程度（これまたわずかですが、それが大きい）集束する効果があり、識別を容易にします。

（ステンレス製の圧力鍋を推奨しますが、プレス成型のみで、溶接箇所の無い製品を選んでください）

鍋にもいろいろあって、微量ではありますがもともとγ線を発しているものや、食品由来のカリウムなどの影響が残留しているものもあります。遮蔽能力はある程度板の厚さに比例し、鉄系金属（鉄・ステンレス）と比べると同じ厚さのアルミニウムでは半分程度となります。2重にして、間に水を注ぐと効果的な場合もあります。効果がある場合、10～30%の遮蔽が期待できるようです。

*注意 低いBGの場所として、風呂桶に水を張った状態で、水中で測定するとよさそうであるが、筆者宅で調べてみると、トイレと風呂場は通常の線量そのものが、家中で群を抜く高さであった（通常BGの2～3倍程度）。ラドン温泉なのかと思い調べてみたら、どうやらタイルの顔料に何か含まれているらしい・・・。

筆者の実家は広島市内であるが、これを期に少し調べてみたところ、平和公園の平均値よりも、実家のソファの上の方がγ線強度で3倍も高かった。測ってみなければわからないものだ。



写真はSBM-20を4連に（電源やパルス処理も専用設計・・・utsunomia.comでは未発表 $\approx 500\text{CPM}/\mu\text{Svh}$ ）したもので、理論的には単に得られるカウント密度が約4倍になるだけなので、測定時間が約1/4になるだけのはずだが、どういふわけか実際にはそれだけではなく解像度（識別能力）そのものが向上している。

4連にして筐体に入れることで得られる指向性も、識別能向上に関与するのかもしれないし、時間の短縮そのものが解像度に関与するのかもしれない（今後検証します）。

単純な比較しかできておらず主観的ではありますが、大型管（例えばJ408 γ などのような）と、中型管の並列検出は解像度において違いがあるように感じます。とくにサーチモードでの発見の早さ、位置特定の正確さではぬきんできた能力を発揮します。別稿 DP-5V がやってきた>ナターシアもやってきた、に管の複数化についての詳細な解説があります。

8. 機能拡張のためのオプション

○高効率高圧電源

電源は単三（または単四）電池2本になりますが、2ヶ月以上の連続使用と高い安定性が得られます。本文の「高圧電源、再現性重視型」を参照下さい。製作難易度：中

○定精度計測回路

PCとの連携により、自動計測ができるようになります。高効率高圧電源と併用下さい。特に定点での記録に向きます。製作難易度：中

○ブザー回路

やはりガイガーカウンターはサウンドで勝負という方、いちいち表示を見ることなく危険を察知したい方向け。近日公開（というほどのものでもないような・・・）。意外とコストがかかります。

ある日100円均一店で、オーディオアンプと小型スピーカーを見つけました。自作すればよさそうなものなのですが、210円ではなかなか太刀打ちできません。

< SP and Amp >



< SP and Amp 2 >



○**メーター表示**

即時的に、直感的に線量を表示。近日公開（といいながら、延び延びになっています・・・DP5Vのメーターがあまりによくできているので、同等のものを同等のシンプルさで作れない自分に、落ち込んでいます）。

○**高速度カウンター**

わずかのカウント取りこぼしも許したくない、ひたすら高線量を目指したい方向け。本文のTC5032 カウンターを参照下さい。製作難易度：中

○現在、PC やスマートホンで数値処理を行うアプリケーションが公開されているようですが、おそらく使用できると思われます（未確認）。相性のよいものがあれば、ご報告下さい。