

北星・原発を考える会 第16回公開講演会

## 簡易型放射線測定器で測れるもの ～安い測定器ではだめなのか？～

北星学園大学短期大学部  
生活創造学科 内山 智  
2014年10月3日  
北星学園大学 A603

内山 智 様

簡易放射線測定器「はかるくん」について

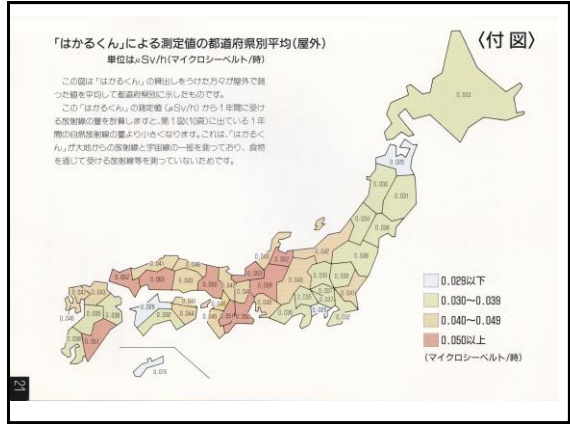
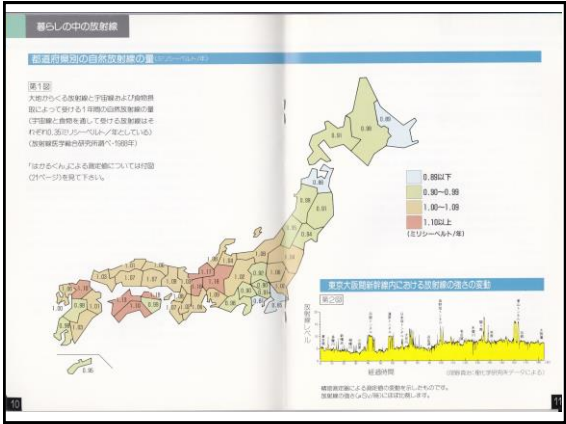
拝啓 時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。  
さて、内山様よりお問い合わせのありました標記の件ですが、本貸出しは(財)放射線計測協会への委託事業として実施しておりまして、1回につき2ヶ月間、貸出料、送料、点検・校正費用等全て無料です。測定器の取扱いにつきましては、当事業の範囲に含まれておりませんので行っておりませんが、(財)放射線計測協会自身が数台購入しておりますので、そこから購入するという形式であれば入手可能です。尚、価格は売値のみ載せておりますが以下のとおり高額でございますので、やはり正業の貸出し制度をご利用なさることをお勧めいたします。ご参考までにリーフレットを同封いたします。

敬具

ご購入の場合  
測定器価格(1台 本体価格・消費税込み) ¥135,960  
及び送料  
また貸出しの場合、測定器送付前に点検・校正を行っておりますが、もしご自身で購入されて点検・校正を(財)放射線計測協会にご依頼なさる場合、点検・校正費(1台 消費税込み・送料別) ¥12,875  
が必要となります。  
ご購入・貸出しの問い合わせ先は  
〒319-11 茨城県那珂郡東茨城村白百合2-4  
(財)放射線計測協会 業務部 TEL. 029-282-0421(直通)  
FAX 029-283-2157

## はかるくん

- 財団法人 放射線計測協会が貸出をしている(?)
- 1996年に「はかるくん」を購入できないか問い合わせ
  - 135,960円!
  - 点検・校正費用は、12,875円
- 購入せず「はかるくん」を借りた
  - DX-200
  - シンチレーション方式
  - 堀場製作所



### はかるくんの手引き

- 札幌を含む地域の自然放射線の量:
  - 0.91mSv/年(宇宙線と食物を通して受ける放射線量は各々0.35mSv/年)
  - 宇宙線と大地からは、0.91 - 0.35 = 0.56mSv/年
- はかるくんによる測定値:
  - 0.033 $\mu$ Sv/h = 0.033 x 24 x 365  $\mu$ Sv/年 = 289.08  $\mu$ Sv/年 = 0.28908 mSv/年
  - はかるくんが測れない宇宙線 0.56 - 0.28908 = 0.26192 mSv/年 < 0.35mSv/年

### 札幌市のモニタリングポスト

- 株式会社 計測技研 G-DAQ
  - 検出方式: シンチレーション式
  - 検出器: 大面積シリコンフォトダイオード
  - 検出器: 固体シンチレータ(CsI(Tl))  
□12.7×20.0(L)mm
  - 測定放射線:  $\gamma$ 線
  - 感度: 0.001 $\mu$ Sv/hに対して毎分10カウント以上
  - エネルギー範囲: 150keV~3000keV
  - 線量率範囲: 0~50 $\mu$ Sv/h
  - サンプリング: 60秒の積算値(移動平均)
  - 線量率温度依存性:  $\pm 10\%$
  - 周囲温度25°Cに対し0~40°Cの範囲において
  - 備考: エネルギー補償型  
年1回の校正を推奨



### FIRSTCOM FC-1000RD, ¥39,800

- ネットでヨドバシカメラで、放射線測定器を扱っていることを知る。
  - $\beta$ 線も測れる(?)GMカウンタ
  - 日本製なので、故障の時も安心
  - せっかくだから連続測定もできるものに(これは不必要だった)
  - <http://www.frc-net.co.jp/products/geiger/1000rd.html>
- 実際に測定してみると、0.09~0.12  $\mu$ Sv/hの範囲
- はかるくんで測定した値(0.033 $\mu$ Sv/h)よりも高め。
- 札幌市のモニタリングポスト(0.036 $\mu$ Sv/h)と比べるとやはり違う。
- 1cm線量等量率とは?
- セシウム(137Cs)の $\gamma$ 線(ガンマ線)にて校正とは?



#### 液晶表示の内容

- プザー音のオン/オフ設定: プザーをオンに設定するとベルマークが点灯します。
- 測定結果表示: 1cm線量当量率(m)を表示します。測定結果を計測時間後に表示します。次の測定開始まで表示を継続します。
- cpm測定結果表示: cpm(※2)モードで1分間の放射線検出回数を表示します。
- 線量率表示: 測定中は、この表示が点滅を繰り返します。スタンバイ状態や測定完了時は点滅しません。
- 電池残量表示: 残量を三段階で表示します。残量がなくなると外音が点滅します。
- 測定結果表示: 88888 (単位:  $\mu$ Sv/h)
- 表示単位:  $\mu$ Sv/hとmSv/hは自動で表示されます。cpmモード時はこの表示単位が消えます。
- 計測時間: 計測時間を任意で設定できます。連続測定に設定したときはこれらの時間表示が消えて消えます。

#### 主な機能

■計測器の基本機能: 放射線計測器で、スピーディーで高精度な測定が可能です。計測結果は液晶ディスプレイに表示されます。

■大面積フォトダイオード: 大面積フォトダイオードを採用し、検出効率を向上させます。

■放射線計測器の検定: 検定済みの放射線計測器を使用することで、検定済みの精度を確保します。

■付属品の確認: お買い上げいただいた製品の付属品は次の品目で構成されています。内容をご確認ください。

#### 必ずお読みください(つづき)

4. 目録ページへの掲載

本書には、 $\gamma$ 線 (ガンマ線) 及び  $\beta$ 線 (ベータ線) を検出できますが、 $\alpha$ 線 (アルファ線) には検出できません。

5. 放射線計測器の検定

(1) 検定済みの放射線計測器は検定の有効期限内に使用してください。有効期限が満了した場合は、検定済みの放射線計測器を使用しないでください。

(2) 検定済みの放射線計測器は検定の有効期限内に使用してください。有効期限が満了した場合は、検定済みの放射線計測器を使用しないでください。

(3) 検定済みの放射線計測器は、検定の有効期限内に使用してください。有効期限が満了した場合は、検定済みの放射線計測器を使用しないでください。

(4) 検定済みの放射線計測器は、検定の有効期限内に使用してください。有効期限が満了した場合は、検定済みの放射線計測器を使用しないでください。

#### 必ずお読みください(つづき)

7. 検定済みの検定

本書には、検定済みの放射線計測器から1年間に関する検定に関する事項を掲載しています。

(1) 検定済みの放射線計測器は、検定の有効期限内に使用してください。

(2) 検定済みの放射線計測器は、検定の有効期限内に使用してください。

(3) 検定済みの放射線計測器は、検定の有効期限内に使用してください。

(4) 検定済みの放射線計測器は、検定の有効期限内に使用してください。

### 原子

- 電子: 電荷は $-1.6 \times 10^{-19}$ C(クーロン)、質量は  $m_e = 910.3897 \times 10^{-33}$ kg
- 陽子: 電荷は $1.6 \times 10^{-19}$ C、質量は $1.6726 \times 10^{-27}$ kg = 1836.15  $m_e$
- 中性子: 電荷は0C、質量は  $1.6749 \times 10^{-27}$ kg = 1838.65  $m_e$

- 原子は、原子核と電子からなる
  - 電子の数=原子核の陽子の数、ほぼ原子核の質量に等しい
- 質量数 = 陽子の数 + 中性子の数
- 原子核は、陽子と中性子からなる



## 原子番号＝原子核の陽子の数

- 同位体: 原子番号は等しいが、中性子の数が等しくない原子
  - 化学的性質は、質量の違いよりも原子の電子の数や状態できまるので、同位体は同じ化学的性質を持つ
  - Cs(セシウム)の同位体
    - 質量数112(中性子57個)~151(中性子96個)の同位体が見つかった
    - <sup>135</sup>Cs(中性子78個)安定
    - <sup>137</sup>Cs(中性子82個)不安定、放射能、半減期30.17年
- 電子の数は違っても、外側の電子の数が等しいと、化学的性質が似てくる。
  - Ca(カルシウム、原子番号20)とSr(ストロンチウム、原子番号38)
  - K(カリウム、原子番号19)とCs(セシウム、原子番号55)



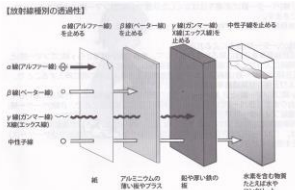
Wikipedia

## 元素の周期表

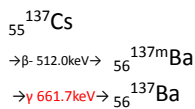
物理学者典義委員会「物理学辞典」改訂版(1992、増刷)

## 放射線

- α線＝ヘリウム原子核
  - 原子核のα崩壊では、原子番号が2つ減る
- β線＝電子
  - 原子核の中性子が陽子に変換されるときに放出される電子。原子核のβ崩壊では、原子番号が1つ増える
- γ線＝光子(フォトン)



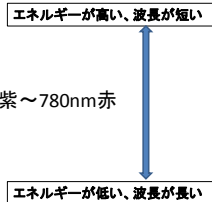
セシウム137のβ-崩壊



『FC-1000RD 取扱説明書』

## 電磁波(電場と磁場の波) ＝光子(フォトン、光の量子)

- 真空中では光の速さ( $c=2.99792458 \times 10^8$  km/s)で動く。静止質量=0kg、電荷=0C
- 波長の違いが光子1個のエネルギーの違いで、物質との反応の違い
  - γ線 <  $10^{-12}$  m
  - X線  $\sim 10^{-9}$  m
  - 紫外線  $\sim 10^{-7}$  m
  - 可視光 380nm( $=3.80 \times 10^{-7}$ m)紫 $\sim$ 780nm赤
  - 赤外線  $\sim 10^{-3}$  m
  - マイクロ波 1mm $\sim$ 1m
  - 電波 (> 0.1mm =  $10^{-4}$ )



## 放射線の電離(イオン化)作用

- 放射線が、他の原子に照射されて電子がはぎとられると、その原子は正に電荷を帯びてイオン化される。
- GM計数管
  - CPM(Count Per Minute)が測定可能
  - 入社したγ線、β線のエネルギーはわからない
  - <sup>137</sup>Csのγ線か否かはわからない

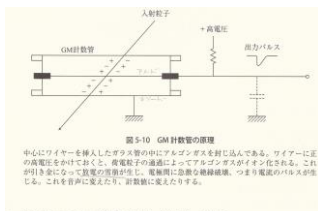


図5-10 GM計数管の原理  
\* ガイガー-ミュラー計数管、ガイガー-カウンターともいう。  
西條敏英「測り方の科学史Ⅱ 原子から素粒子へ」(2012、恒星社厚生閣)

## 吸収線量(absorbed dose) D[Gy]

- 放射線の照射により物質が受けるエネルギー吸収密度で定義される線量。
- Gy(グレイ)吸収線量の単位: 被照射物質が質量1kg当たり1J(ジュール)のエネルギーを吸収したときの量。1Gy = 1J/kg
- Dは、放射線源が一緒でも、吸収する物体、形によって、数値が異なる量である。

## 等価線量 (equivalent dose) $H$ [Sv]

- 放射線防護の分野で用いられる線量、放射線の生体に与える影響を共通の尺度で表すことが目的
- $H = D \cdot Q$
- $Q$ は放射線荷重係数 (radiation weighting factor)
  - X線、γ線、β線の場合は、 $Q=1$
  - 中性子の場合は、 $Q=5 \sim 20$  (エネルギーに依存)
  - 陽子 (2MeVを超える) の場合は、 $Q=5$
  - α粒子の場合は、 $Q=20$
- $D$ の単位がGyのとき、 $H$ の単位をSvとする。

## 実効線量 (effective dose) $H_{\text{eff}}$ [Sv]

- 身体の一部に局所的に放射線を被曝したときのリスク(放射線障害の起こる危険性)と同じリスクを生じる全身被曝の等価線量
- $H_{\text{eff}} := \sum_T W_T H_T$ 
  - $W_T$ : 組織荷重係数 (tissue weighting factor)、組織Tのリスク係数に基づく荷重係数
  - $H_T$ : 組織Tの等価線量
- 実効線量は、実際には $H_T$ の測定が難しいので、定義通りの測定はできない。

組織または臓器	W <sub>T</sub> <sup>1)</sup>	
	1990年の値	1997年の値
乳腺	0.12	0.12
消化管	0.12	0.12
肺	0.12	0.12
胃	0.12	0.12
膀胱	0.05	—
皮膚	0.05	0.15
肝臓	0.05	—
骨髄	0.05	—
甲状腺	0.05	0.03
腎臓	0.05	—
骨髄の組織	0.05 <sup>2)</sup>	0.03
合計	1.00	1.00

1) 乳がん、膀胱、結晶、一般人の性別を考慮。  
2) 骨髄の組織は、等価線量係数の組織Tは組織Tに与えるリスクが平均的な値を有する。骨髄は、組織Tを有する組織に一律適用する。

物理学辞典編集委員会「物理学辞典」改訂版(1992、培風館)

## 周辺線量当量 (ambient dose equivalent) [Sv]

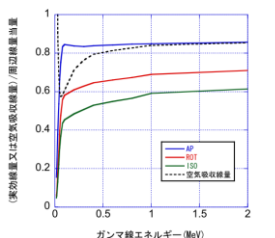
- 直径が30cmの球形の人体等価ファントム (人体の軟組織[骨、肺を除く組織]に近い元素組成を持つ物質) に放射線が平行に一様に入射したときの特定深さの等価線量  $H = D \cdot Q$
- 1cm線量当量 [Sv]  $H_{1\text{cm}}$ 
  - 全身の被ばくに対応する場合として、1cmの深さの周辺線量等量

## 空気吸収線量 [Gy]

- 空気を被照射物体としての吸収線量  $D_{\text{空気}}$  (Air Gy)
- 空間線量として、多くのモニタリングポストで測定されている線量
- 文科省「全国47都道府県の既設モニタリングポストにおける測定結果の1m高さの推計値及び実測値」
  - 「2.本データは、 $1\mu\text{Gy/h}$  (マイクログレイ毎時) =  $1\mu\text{Sv/h}$  (マイクロシーベルト毎時) と換算して算出。」

## 周辺線量当量と実効線量、空気吸収線量の比較

- 日本原子力学会 放射線工学部会 線量概念検討WG、「測定値(空气中放射線量)と実効線量」  
[http://www.aesj.or.jp/~rst/fu/kushima/120726\\_01.pdf](http://www.aesj.or.jp/~rst/fu/kushima/120726_01.pdf)
- 人体を模擬した人体ファントム (AP, ROT, ISO) を求めて、比較
- 「どの照射形状 (AP, ROT, ISO) の実効線量も、周辺線量当量より値が小さくなるのが判る。空気吸収線量についても低エネルギー (30keV以下) 領域を除き同様である。」



第2図 周辺線量当量に対する実効線量及び空気吸収線量の比

## 安い測定器ではだめなのか？

- FIRSTCOM FC-1000RDは、周辺線量等量 (1cm線量等量) にCPMを交換するように校正されているので、モニタリングポストの空気吸収線量より高めの値になっているらしい。
- はかるくんは、実効線量になるように校正されているらしい。
- 安い測定器でも、相対的な変化を知ることができる。普段から測定していれば、異常に気付くことはできる。
- 花崗岩には放射性元素が含まれているといわれる
- 某デパートの柱を測定してみた
  - 0.20, 0.20, 0.27,
  - 平均値 0.22 $\mu\text{Sv/h}$
- モニタリングポスト周辺
  - 0.09, 0.14, 0.13,
  - 平均値 0.12 $\mu\text{Sv/h}$

