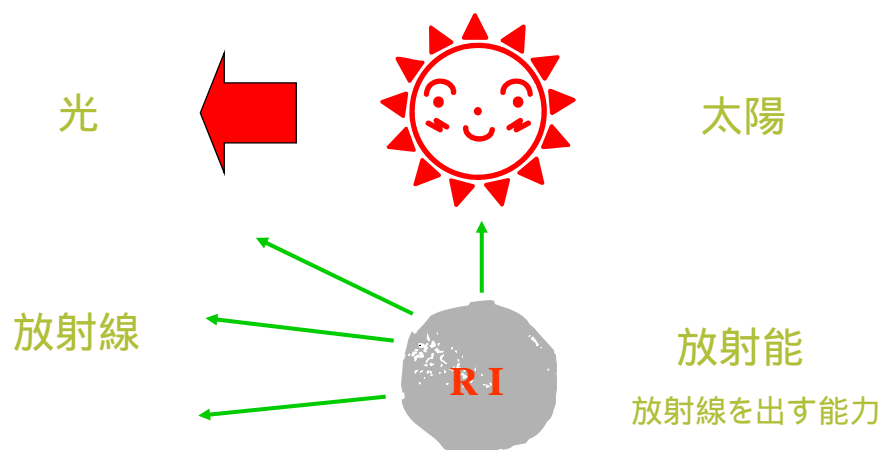


空間放射線測定機器の取扱説明

平成23年10月18日(火曜日)
空間放射線測定機器の説明会 資料

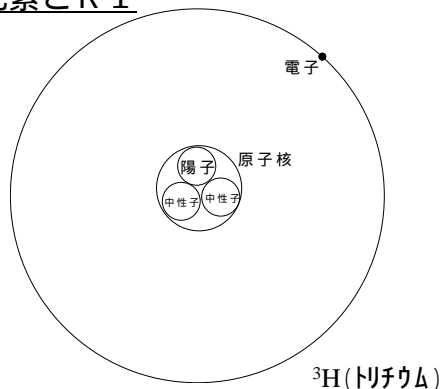
RI (放射性同位元素) とは

放射線と放射能の違い



R I（放射性同位元素）とは

元素とR I



陽子の数	元素名
1	水素
2	ヘリウム
3	リチウム
:	:
8	酸素
:	:
92	ウラン
:	:

不安定で放射線を出して安定になるうとする元素
放射性同位元素 R I（Radio Isotope）

R I（放射性同位元素）とは

放射線の種類

- 線：高エネルギーのヘリウム原子核
- 線：原子核から放出される電子線
- 線：電磁波（原子核から放出される光子）
- X線：電磁波（電子の運動により発生）
- 中性子：核分裂、核融合、加速器で発生
- 陽子線：陽子の加速により発生
- 粒子線：電子よりも重い粒子の加速により発生

はじめに

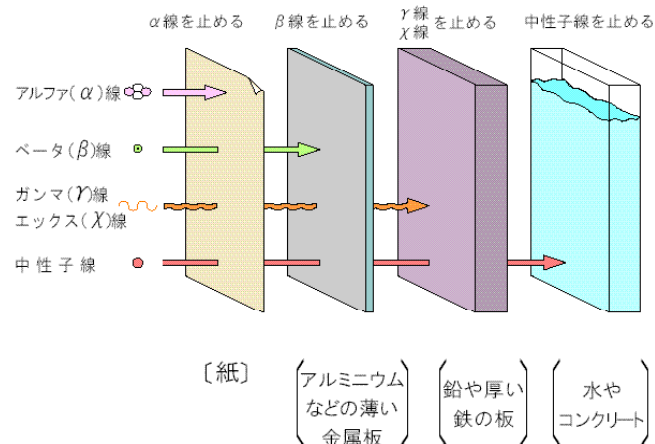
核種	半減期	代表エネルギー
I-131	8.021 日	γ : 364 keV β : 606 keV
Cs-134	2.065 年	γ : 796 keV β : 658 keV
Cs-137	30.04 年	γ : 662 keV β : 514 keV

H23.10.18 東京都福祉保健局

5

R I (放射性同位元素) とは

放射線の遮へい

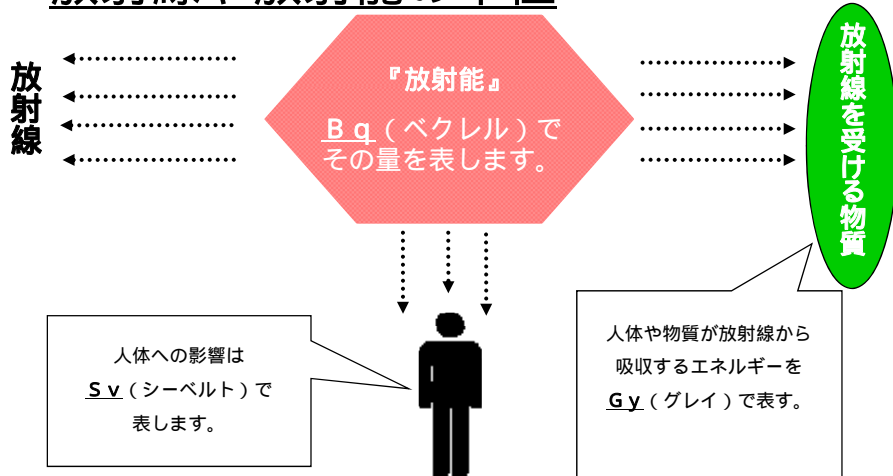


出典:「原子力」図面集 2002-2003

H23.10.18 東京都福祉保健局

6

R I (放射性同位元素) とは 放射線や放射能の単位



H23.10.18 東京都福祉保健局

7

R I (放射性同位元素) とは 単位と接頭語

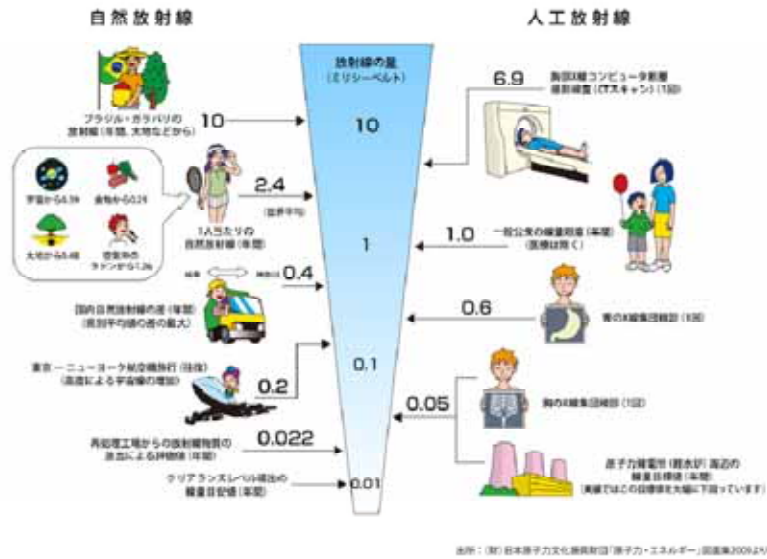
	SI系単位	旧単位	換算
放射能	Bq(ベクレル)	Ci(キュリー)	1Ci = 3.7×10^{10} Bq
線量当量	Sv(シーベルト)	R(レントゲン) (照射線量)	-

接頭詞	読み	意味	使用例
G	ギガ	10^9	G B q
M	メガ	10^6	M B q
k	キロ	10^3	k B q
なし			S v、 B q
m	ミリ	10^{-3}	m S v
μ	マイクロ	10^{-6}	μ S v

H23.10.18 東京都福祉保健局

8

日常生活と放射線



H23.10.18 東京都福祉保健局

9

線用 エネルギー補償型 シンチレーションサーベイメータ TCS-171B, 172B

- 線の線量当量率をSv/h測定
- 測定範囲 BG ~ 30 $\mu\text{Sv/h}$ 、(Gy/h : 171B)
0 ~ 30,000 s^{-1} (172B)
- 環境レベルの変化の測定に適している。

(バックグラウンド(BG):約0.05 $\mu\text{Sv/h}$ 弊社工場にて)



H23.10.18 東京都福祉保健局

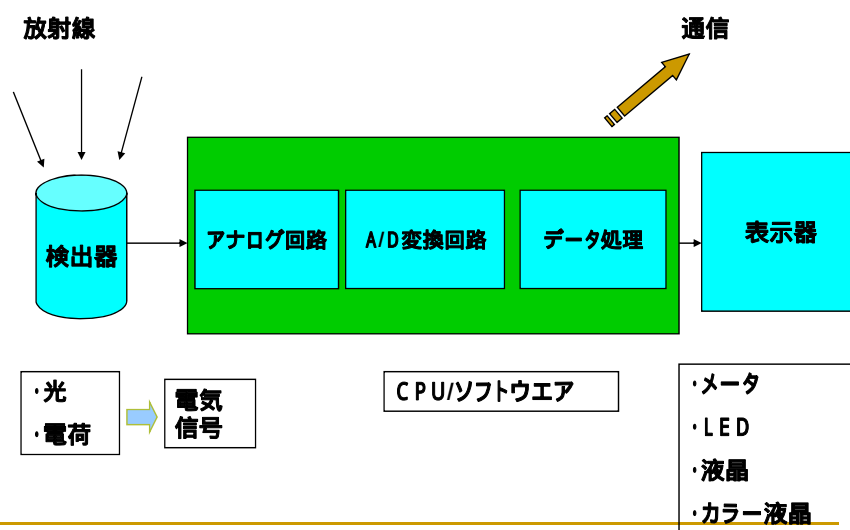
10

機器の概要

- 測定線種 (ガンマ) 線
- 検出器 NaI(Tl) シンチレーション検出器
25.4 × 25.4 mm
- 測定単位 1cm線量当量率
μSv/h (マイクロシーベルト毎時)

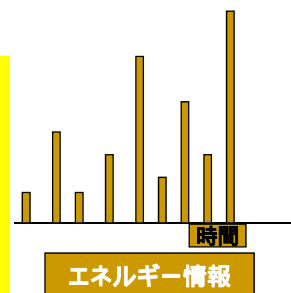
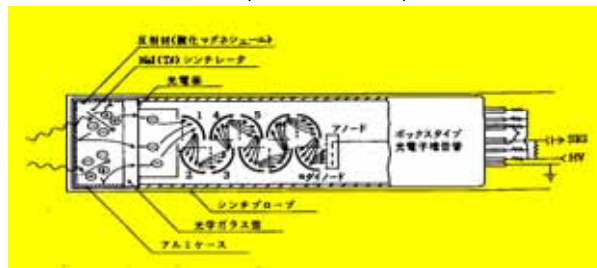
1時間そこにいるとどのくらいの放射線の影響を受けるか
0.05 μSv/hの場所で 1日いると仮定すると
0.05 μSv/h × 24h = 1.2 μSvになる
- 測定範囲 バックグラウンド ~ 30 μSv/h
- 測定エネルギー 50keV ~ 3MeV (3MeV以上カットなし)

サーベイメータの機器構成



エネルギー補償型NaI(Tl) シンチレーションサーベイメータ TCS-172B

- NaIの結晶にγ線がぶつかる→(玉突きをイメージ)
全エネルギーを失う → 光電効果
 ^{137}Cs なら662KeV比列したパルス発生
一部エネルギーを失う → 散乱線
 ^{137}Cs なら662KeV以下のパルス発生
- 気体(電離箱)に比べγ線が物質(NaIの結晶)に当たる確率高くγ線に感度が高い
- サーベイメータ 1"φ 0.01 $\mu\text{Sv/h}$ から

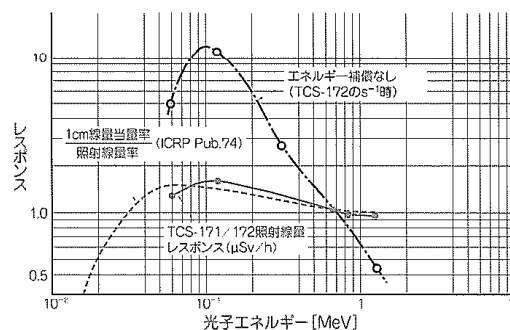


NaI(Tl) シンチレーション検出器の特性

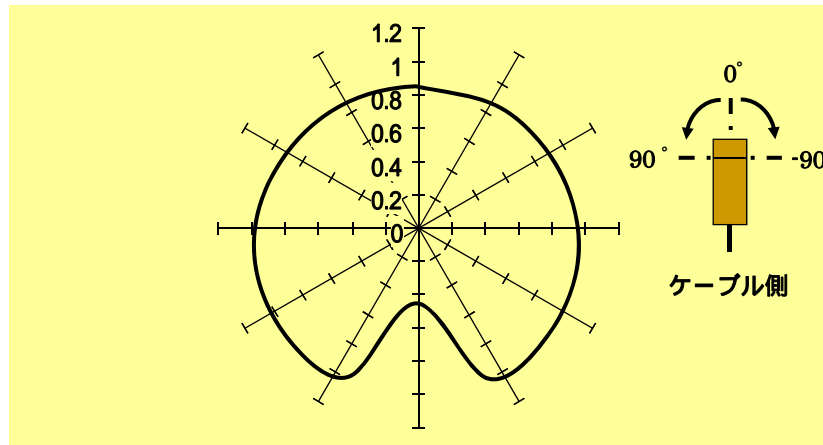
- ICS-172(B)では測定モード切替
 $\mu\text{Sv/h}$ と s^{-1} で違った特性の測定となる
- 100KeVあたりで感度良く1MeVでは感度悪い
原子力災害時 ^{131}I に感度高く甲状腺への取り込みを検知しやすい
汚染チェックには s^{-1} モードが感度高い

ICRP Pub74にあわせるためエネルギー補償回路 $\mu\text{Sv/h}$ 測定に最適

エネルギー特性



方向特性 (TCS-172B)



H23.10.18 東京都福祉保健局

15

使用方法 ・ ・ 測定の実際

- 機器の健全性チェック
 - 外観 傷、へこまないか
 - 電源 電池は消耗していないか
 - 高圧 異常がでていないか
- バックグラウンドの測定 (決まった場所で)
- 現場での測定
- バックグラウンドの測定 (決まった場所で)

H23.10.18 東京都福祉保健局

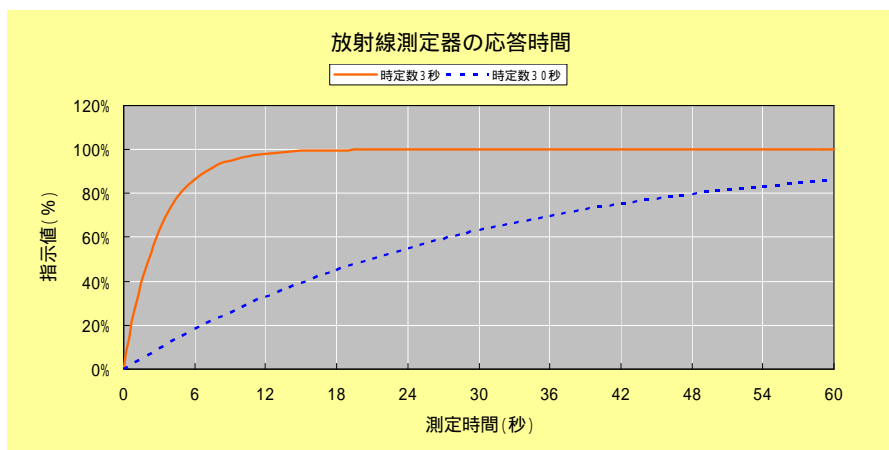
16

使用方法

- 電源 ON , OFF 3秒間長押し
- 測定モード $\mu\text{Sv/h}$
- 測定値読み取り デジタル値
- 測定値の変化 アナログメータ
- 時定数 線量率にあわせて変える
校庭、公園の測定は30秒推奨

時定数について

時定数の3倍の測定時間が必要



計数率と推奨時定数

推奨時定数	レンジ ($\mu\text{Sv/h}$)
3 秒	10、30
10 秒	1、3
30 秒	0.3

サーベイメータによる線量率の測定

- 空間の測定したい場所で1 mの高さで検出器を持ち、指示値を読む。
(高さは必要に応じて変える)
- 方向特性は優れているので検出器は地上面に水平が良い
- 測定開始後、時定数の3倍を超えた時間になったらデジタル値を読み取る
- 読み取り間隔は時定数の3倍以上空け、3～5回測定し平均を取ると測定精度が上がる
- 詳しく見てみましょう

サーベイメータの外観



検出部

測定部

H23.10.18 東京都福祉保健局

21

検出器 (TCS-172B)

NaI(Tl)の結晶、
衝撃で壊れる

有感部分

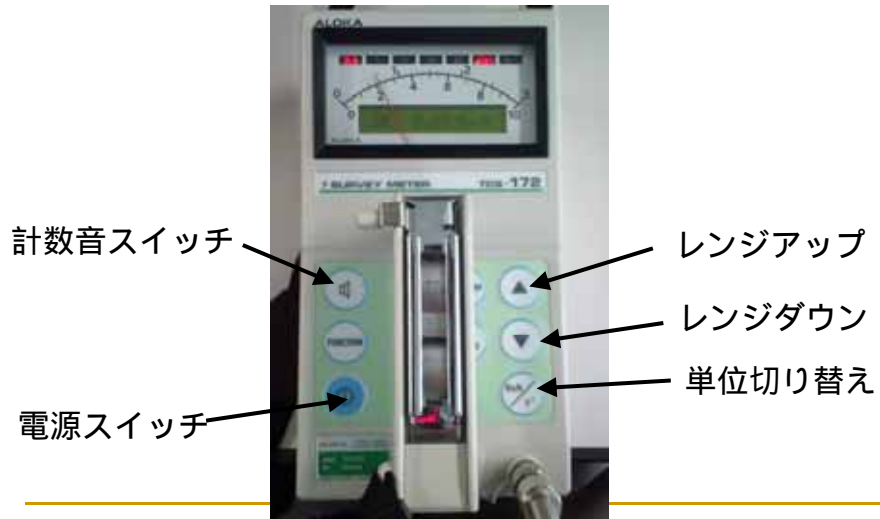


検出器

H23.10.18 東京都福祉保健局

22

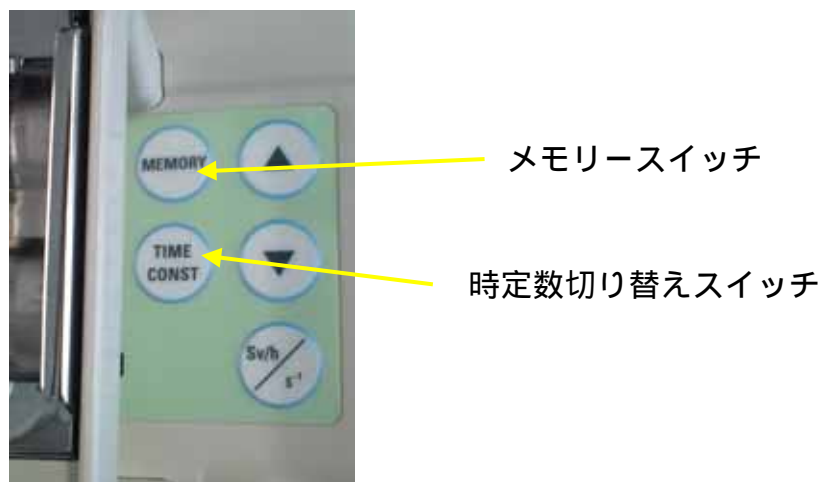
測定部 (TCS-172B)



H23.10.18 東京都福祉保健局

23

パネル面拡大 (TCS-172B)



H23.10.18 東京都福祉保健局

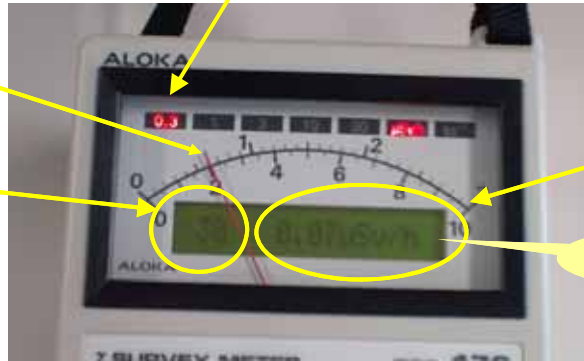
24

表示例 (TCS-172B)

レンジ 今は $0.3 \mu\text{Sv/h}$ フルスケール

メーター
0.06

時定数



測定値

この値をとる

H23.10.18 東京都福祉保健局

25

報告書 (例)

測定報告書

性能確認 良好

測定日	2011/5/17	バックグラウンド測定場所			
測定器種類	NaIシンチ式	測定器	TCS-172B	製造番号	012345
校正日	2011/04/25	責任者	山	測定者	田
バックグラウンド		開始時	0.12 $\mu\text{Sv/h}$	終了時	0.12 $\mu\text{Sv/h}$

測定箇所		測定結果	測定箇所		測定結果
1	1回目	0.14 $\mu\text{Sv/h}$	2	1回目	0.18 $\mu\text{Sv/h}$
	2回目	0.16 $\mu\text{Sv/h}$		2回目	0.12 $\mu\text{Sv/h}$
	3回目	0.15 $\mu\text{Sv/h}$		3回目	0.15 $\mu\text{Sv/h}$
平均		0.15 $\mu\text{Sv/h}$	平均		0.15 $\mu\text{Sv/h}$

H23.10.18 東京都福祉保健局

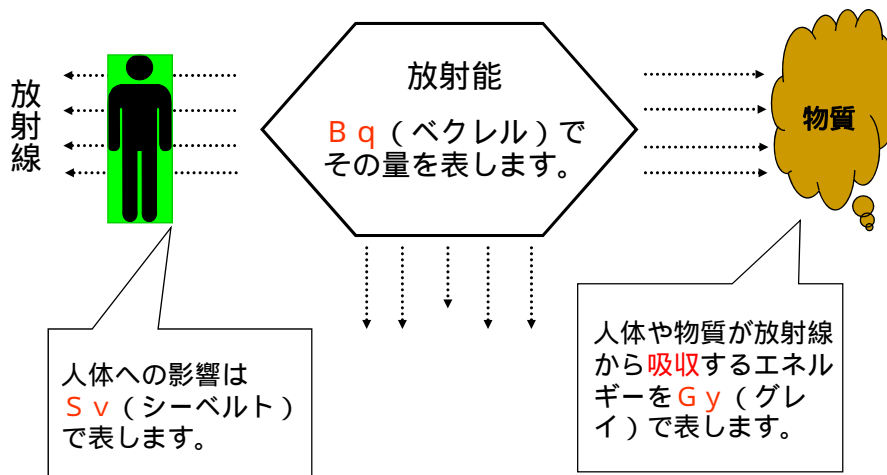
26

参考資料 Gy/hとは若干 違った値になる

サーベイメータ μSv/h	サーベイメータ モニタリングポスト Gy/h
直読	1Gy = 1Sv
¹³⁷ Csを仮定 10.6 μSv/h	¹³⁷ Csを仮定 8.76 μSv/h

↑
GyとSvは違った量ですが、緊急時は
Gy = Svと置き換える場合があります。
上記はその場合です

参考資料 線量測定
Sv (シーベルト) とGy (グレイ) どう違う



照射線量から 空気カーマへの換算係数

付表 3 照射線量-空気カーマ換算係数

X線及びγ線のエネルギー ⁽¹⁾ MeV	照射線量から空気カーマへの換算係数 ⁽¹⁾ mGyR	1-g ⁽²⁾
0.010	0.76	1.000
(0.010 MeV から 1.0 MeV までは 0.010 MeV の換算係数に同一)		
1.0	0.76	1.000
1.5	0.76	0.996
2.0	0.83	0.995
3.0	0.85	0.991
4.0		0.988
5.0		0.984
6.0		0.980
8.0		0.972
10		0.964

付表 1 1 cm 線量当量換算係数 (場所にかかわらず 1 cm 線量当量)

X線及びγ線のエネルギー ⁽¹⁾ MeV	空気カーマから1 cm 線量当量への換算係数 ⁽²⁾ SvGy
0.010	0.008
0.015	0.26
0.020	0.61
0.030	1.10
0.040	1.47
0.050	1.67
0.060	1.74
0.080	1.72
0.10	1.65
0.15	1.49
0.20	1.40
0.30	1.31
0.40	1.26
0.50	1.23
0.60	1.21
0.65 ⁽³⁾	1.20
0.80	1.19
1.0	1.17
1.25 ⁽⁴⁾	1.16
1.5	1.15
2.0	1.14
3.0	1.13
4.0	1.12
5.0	1.11
6.0	1.11
8.0	1.11
10	1.10

H23.10.18 東京都福祉保健局

29

GMサーベイメータ TGS-146B

- 10万cpm 基準となった検出器



検出器の口径、機種が違えば
基準レベルは異なる

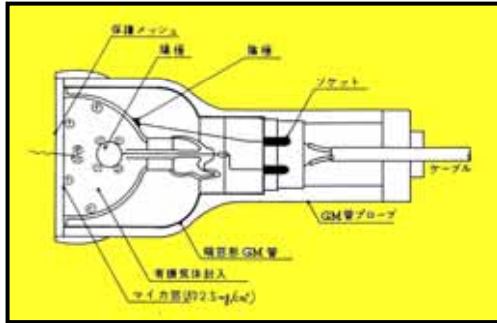
GMサーベイメータ TGS-146、136 は同性能

H23.10.18 東京都福祉保健局

30

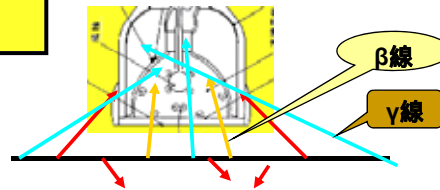
端窓形GM管

線表面汚染用



- 単位 min^{-1} (cpm)
- 線が検出部内に入れば数える
- 電子なだれがおさまるまで不感測してない
- GM管にはプラトー（電圧-計数率）特性があり 経時変化により数えなくなる
- 寿命がある 1-2年
- 検出器の一方だけに検出窓

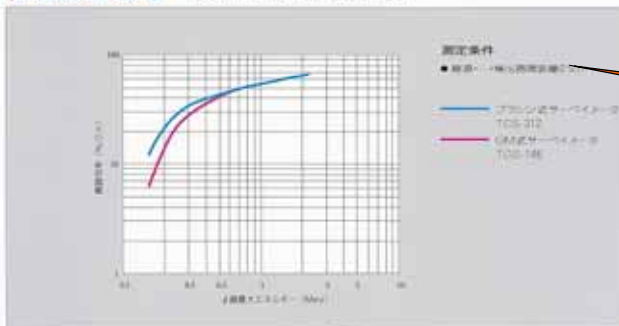
β線が表面汚染に適している理由



Bq (ベクレル) するには1

葉の表面、物質の表面...

β線機器効率 (JIS-Z4329に基づく型式試験データ)



β線で測定

0.5cmでの値

検出器(cpm, カウント)

- GM管窓 約 $3\text{mg}/\text{cm}^2$ 40keV以下の線は測っていない
- 計数効率=機器効率×線源効率
- カタログは機器効率を記載

ケーススタディ
**表面汚染の検査に多く用いられる大面積端窓型
 GM計数管の表示値と表面汚染密度の関係**

参考規格: JIS Z 4329 放射性表面汚染サーベイメータ
 JIS Z 4504 放射性表面汚染の測定方法 (ISO 7503-1)

考察した測定機器の仕様
 窓径: 直径5 cm
 入射窓面積: 19.6 cm²
 窓厚: 約2.5 mg/cm²
 機器効率: 40 % (2π) 以上



(日立アロカメディカル株式会社の承諾を得て写真を転載しております)

表面汚染測定機器の表示は計数率 (count per minute, cpm) であることが多い。これを規制基準値等と比較するには、Bq/cm²やμSv/hへ読み替える換算が必要である。校正時の条件における換算は、次ページ以降の計算から求まる。実際の測定を、校正時の条件と出来るだけ同じ条件で行えば、換算が可能になり、測定結果が活きてくる。

独立行政法人 産業技術総合研究所

放射能密度への換算例

TGS-146Bの場合 ¹³⁷Cs への概略換算表

GMサーベイメータ	TGS-146(B) 133, 136
Net cpm	Bq/cm ²
100	0.4
130	0.6
150	0.6
200	0.9
250	1.1
300	1.3

Net cpm = 測定値 - バックグラウンド

計算式 Net cpm / 60 * 0.40 * 0.5 * 19.6

線源-検出器 5mm

機器効率 40%とした

線用 エネルギー補償型シンチレーションサーベイメータ TCS-172Bでの人体表面汚染測定

- s^{-1} モードで人体に近づける
- バックグラウンドの値と差異があれば汚染の有無はわかる
- 評価 (Bq/cm^2) は困難
汚染面積の特定が困難

日常点検

- 外観
- 電池
- 高圧電源
- バックグラウンド

故障、機器汚染の確認

検出器

NaI(Tl)の結晶、
衝撃で壊れる

有感部分



検出器

H23.10.18 東京都福祉保健局

37

実務上の注意

- 汚染防止の為 ビニール袋で養生しましょう
γ線は透過力が強いので検出器をくるんでも大丈夫
・・・天候、機器汚染

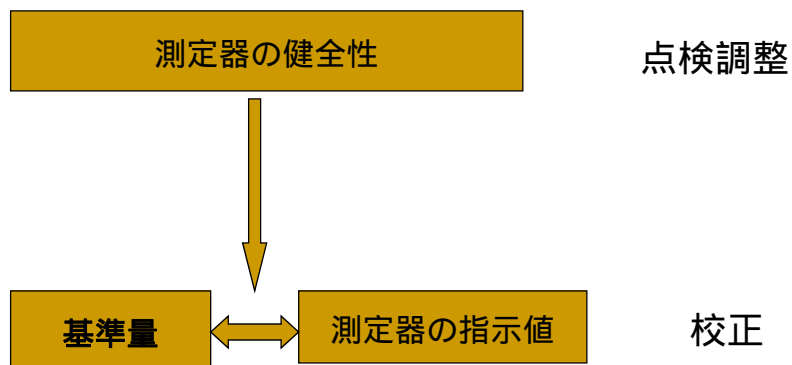
H23.10.18 東京都福祉保健局

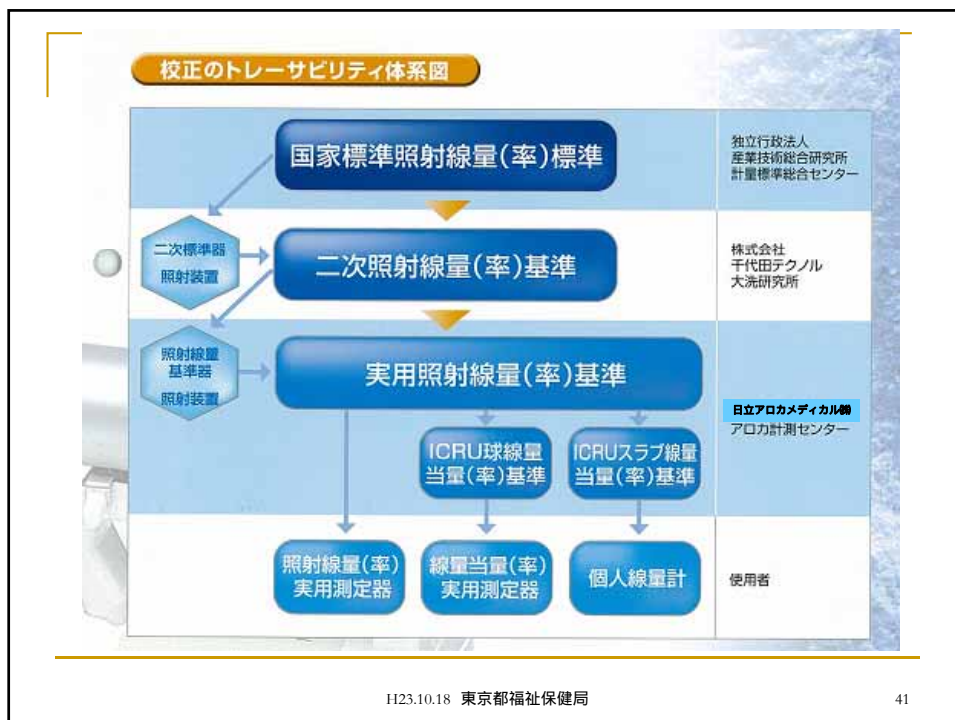
38

定期点検・校正

- 日常の機器管理はバックグラウンド測定にて
- 少なくとも年に1回は、点検・校正を推奨

線量当量(率)の値付けの方法





J I S での校正方法 (J I S Z 4 5 1 1)

校正の方法

置換法
同一条件の照射場に基準器及び被校正測定器を交互に置き換えて校正を行う方法

線源法
基準 線源によって被校正測定器の校正を行う方法

逆 2 乗推定法
照射線量率基準を基に任意の距離における照射線量(率)を計算によって求め、被校正測定器の校正を行う方法

H23.10.18 東京都福祉保健局 42



H23.10.18 東京都福祉保健局

43



H23.10.18 東京都福祉保健局

44