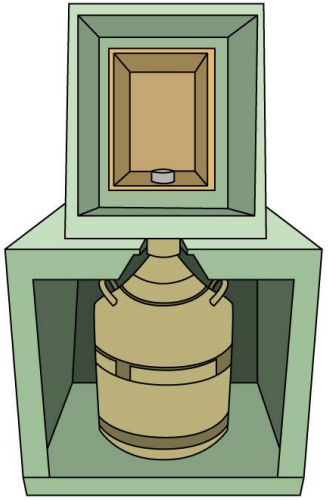
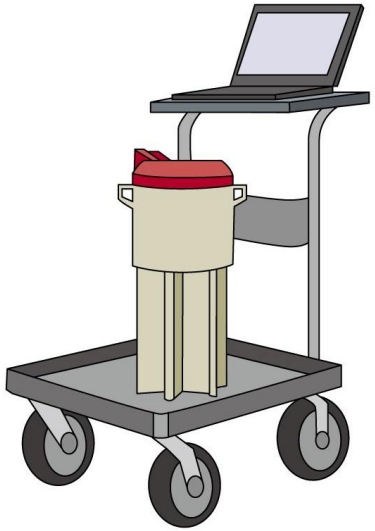
様々な測定機器

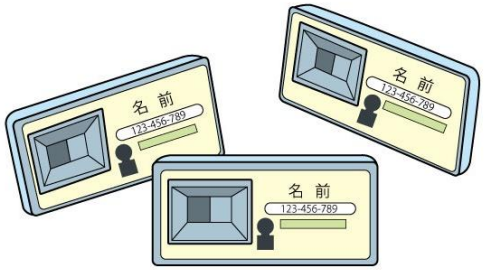


Ge半導体検出器
食品や土壌の放射能測定に用いられる。低レベルの放射能濃度測定に効果的。

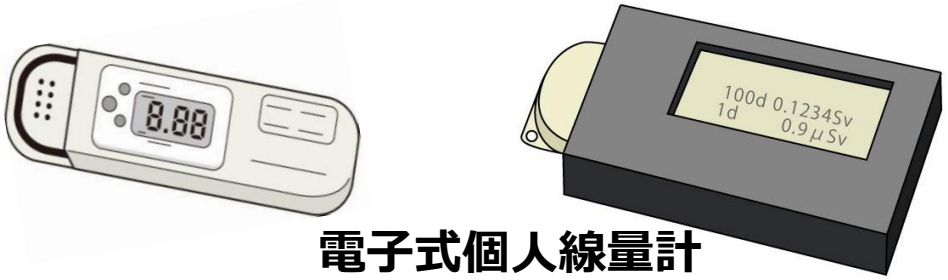


NaI(Tl)食品モニタ
食品等の効率的な放射能測定に適している。

ホールボディ・カウンタ
多数のシンチレーションカウンタなどを用いて、γ線核種の体内放射能蓄積を評価する。



積算型個人線量計
１か月～３か月間体幹部に装着し、その間に被ばくした積算の線量を測定する。

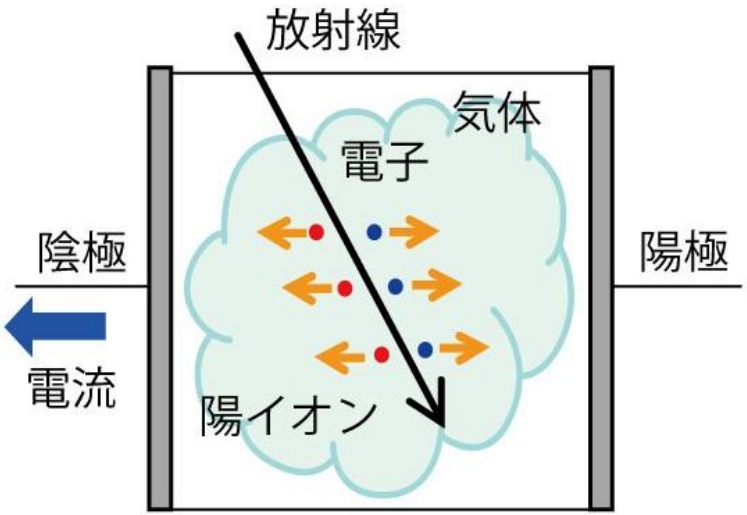


電子式個人線量計
線量率や一定時間の積算線量を示す表示装置があり、放射線取扱施設への一時立ち入り者の被ばく線量測定・管理などに便利。

放射線測定の原理

放射線と物質との相互作用を利用して測定する。

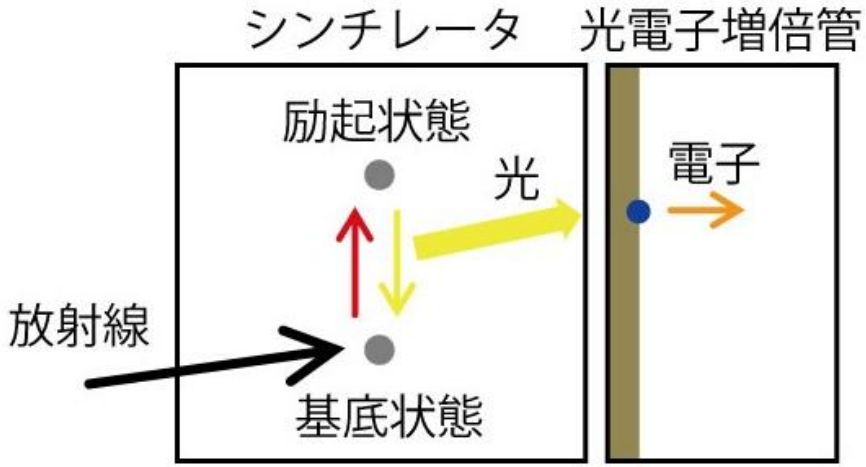
（気体との）電離作用



- 検出器には不活性ガスや空気などの気体が充填。
- 放射線が気体中を通過すると分子が電離して陽イオンと電子を生成。
- 陽イオンと電子が電極に引き寄せられ電気信号に変換して測定する。

GM計数管式サーベイメータ、電離箱など

励起作用



- 放射線がシンチレータを通過すると、分子が励起されるが再び元の状態（基底状態）に戻る。
- その過程で光を放出し、放出された光を増幅・電流に変換して測定する。

NaI（Tl）シンチレーション式サーベイメータなど

検出限界値（検出下限値）

「ND」：「Not Detected」の略

不検出（ND）＝ 測定値が検出限界値未満

≠ 測定値がゼロ

測定結果が「不検出（ND）」となっている場合には、
測定値が検出限界値未満であったことを示しています。

検出限界値は測定時間や試料の量などによって変化します。
測定の目的に応じて、分析機関において設定されています。

◆ 測定時間が長いほど、
検出限界値は小さくなります。

測定時間をX倍 → 検出限界値は$\frac{1}{\sqrt{X}}$倍

例１：測定時間を２倍にすると、検出限界値は$\frac{1}{\sqrt{2}}$

例２：検出限界値を60 Bq/kgから30 Bq/kgに
しようとすると、4倍の測定時間が必要

◆ 試料の量が多いほど、
検出限界値は小さくなります。

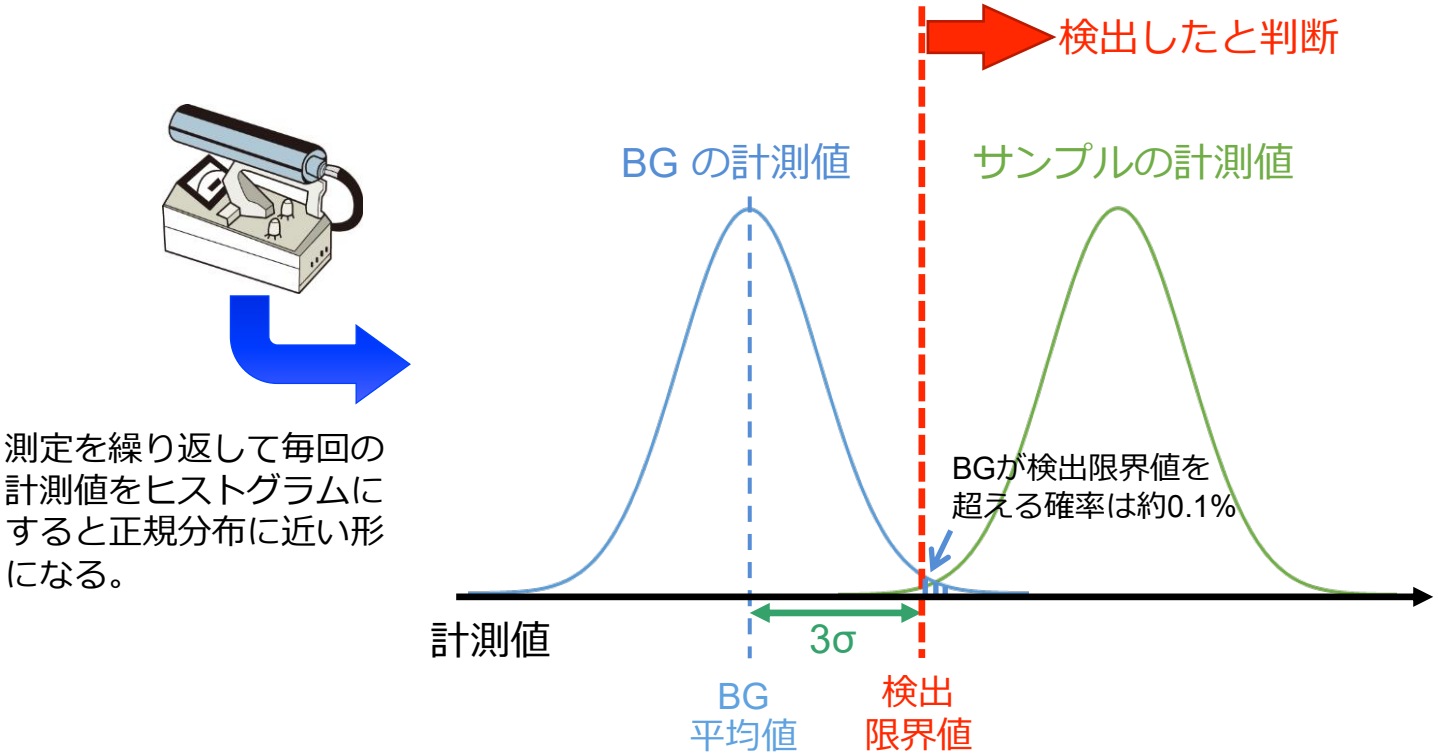
例： 試料の量が0.2 kgのときの
検出限界値が200 Bq/kgのとき、
試料の量を１ kgに増やすと
検出限界値は40 Bq/kgになります。

農林水産省　放射性物質の分析について（2011年12月）より作成
https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/data_reliance/maff_torikumi/pdf/rad_kensyu.pdf

線量測定と計算

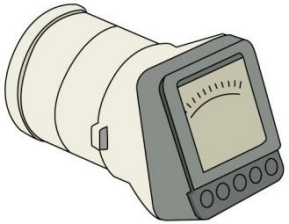
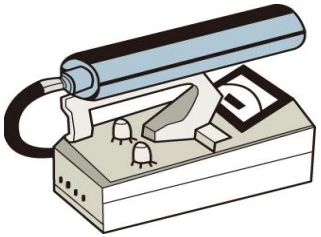
検出限界の考え方（3σ法）

- 線量測定では、測定条件のわずかな変化が計測値に影響を与えるとともに、サンプル以外を由来とするバックグラウンド（BG）が存在するため、統計的な信頼性を確保するため検出限界値を考慮する必要があります。
- 代表的な検出限界値の考え方として、3σ法があります。3σ法ではバックグラウンド計測値の平均値に標準偏差の3倍を加えた値として検出限界値を定義し、この値を超える場合にはサンプルからの信号（放射能や線量率等）を検出したと判断します。



線量測定と計算

外部被ばく測定用の機器

型		目　的	
GM計数管式サーベイメータ（電離）		汚染の検出	薄い入射窓を持ち、β線を効率よく検出可能である。表面汚染の検出に適している。
電離箱型サーベイメータ（電離）		γ線空間線量率	正確であるが、シンチレーション式ほど低い線量率は測れない。
NaI（Tl）シンチレーション式サーベイメータ（励起）		γ線空間線量率	正確で感度もよい。環境レベルから10μSv/h程度のγ線空間線量測定に適している。
個人線量計（光刺激ルミネッセンス線量計、蛍光ガラス線量計、電子式線量計等）（励起）		個人線量積算線量	体幹部に装着し、その間に被ばくした個人線量当量を測定する。直読式や警報機能を持つタイプもある。

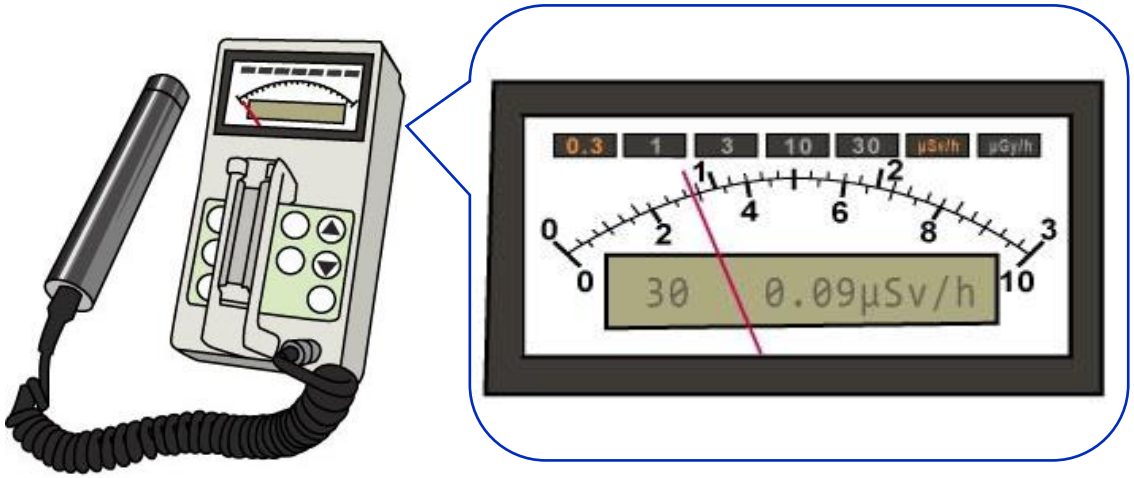
線量の測定方法

例：NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ（TCS-171）

① バックグランドの測定

② 現場での測定
- レンジ（指示値が目盛の中央付近に）
- 時定数（時定数の3倍の時間が経過して値を読む）の調整

③ 線量の計算
- 指示値 × 校正定数 ＝ 線量（μSv/h）



指示値の読み方

0.3, 3, 30 μSv/hは上段
1, 10 μSv/hは下段

- 写真は0.3 μSv/hのレンジ
- 上段の数値を読む
- 針は0.92の目盛り

指示値は0.092 μSv/h

例えば、校正定数が0.95の場合
線量＝0.092×0.95＝0.087 μSv/h

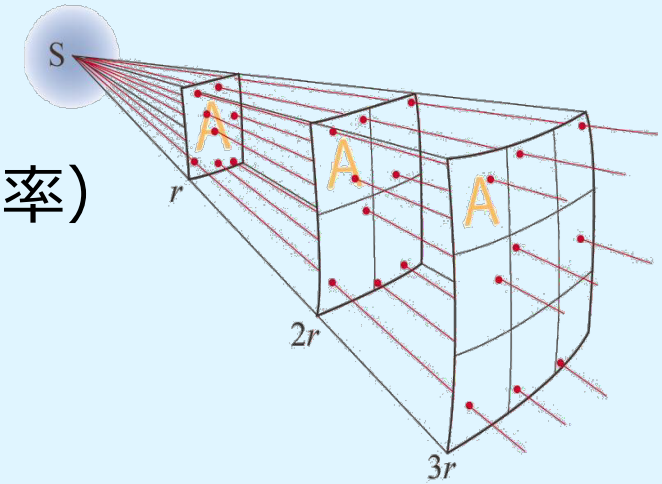
首相官邸ホームページ「サーベイメータの取扱方法」より作成

外部被ばく線量の特徴

1）**距離**：線量率は距離の２乗に反比例

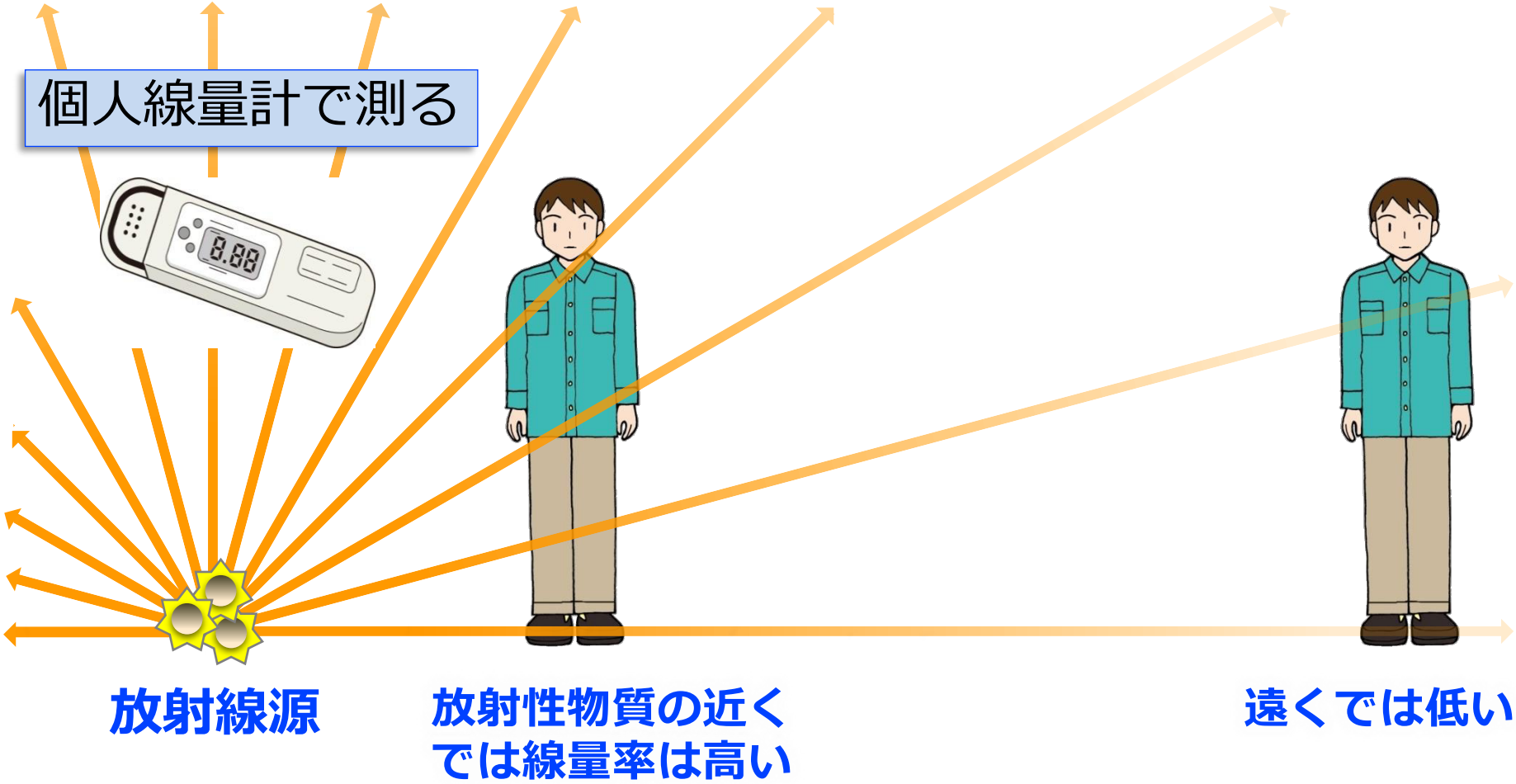
$$I = \frac{k}{r^2}$$

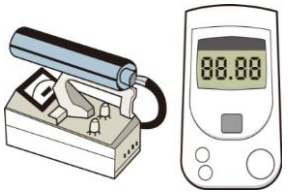
I：放射線の強さ（線量率）
r：距離
k：定数



2）**時間**：線量率が同じなら、浴びた時間に比例
（総）線量（マイクロシーベルト）＝
線量率（マイクロシーベルト/時）× 時間

線量測定と計算　外部被ばく（測定）





サーベイメータの計測値（マイクロシーベルト/時）に滞在時間を乗じると、外部被ばく線量の目安になる

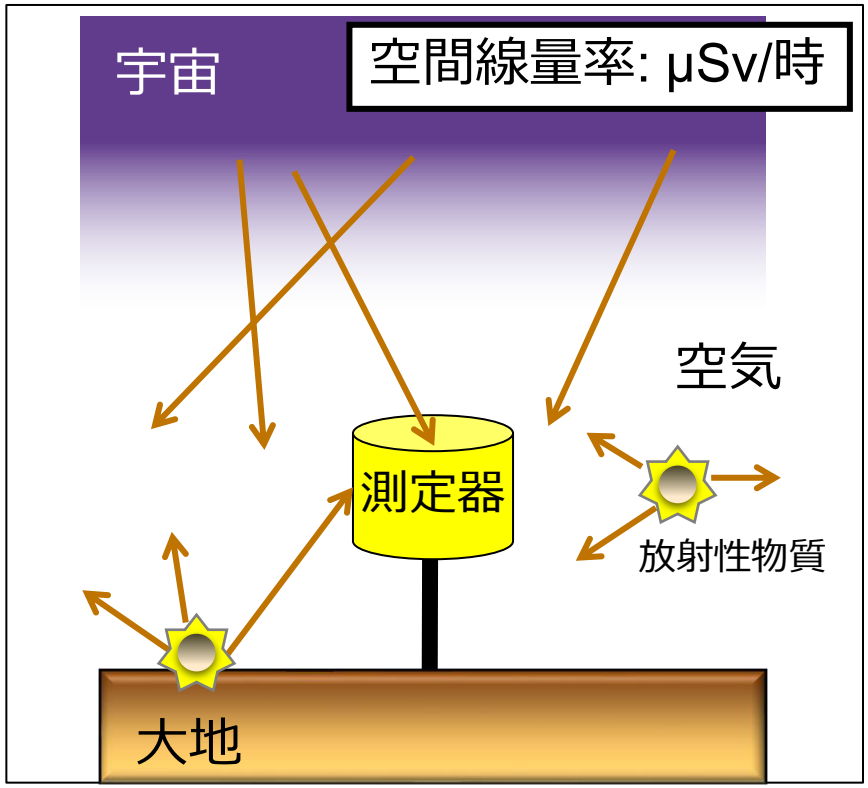
環境放射線・放射能の計測

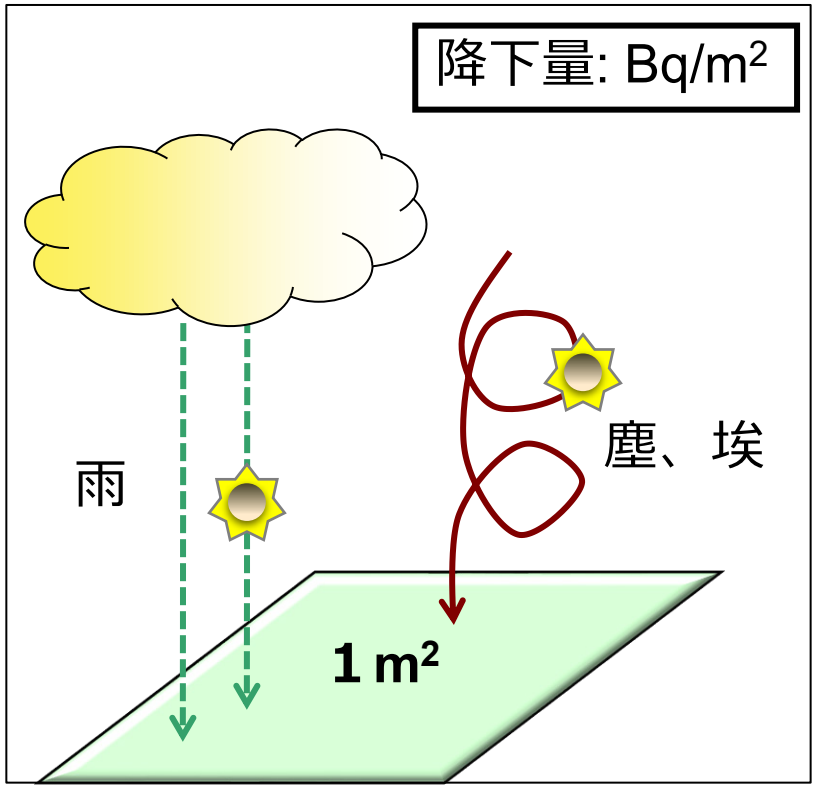
- 空間線量率は空間のγ（ガンマ）線を測定。

  1時間当たりのマイクロシーベルト(**μSv/時**)で表示。

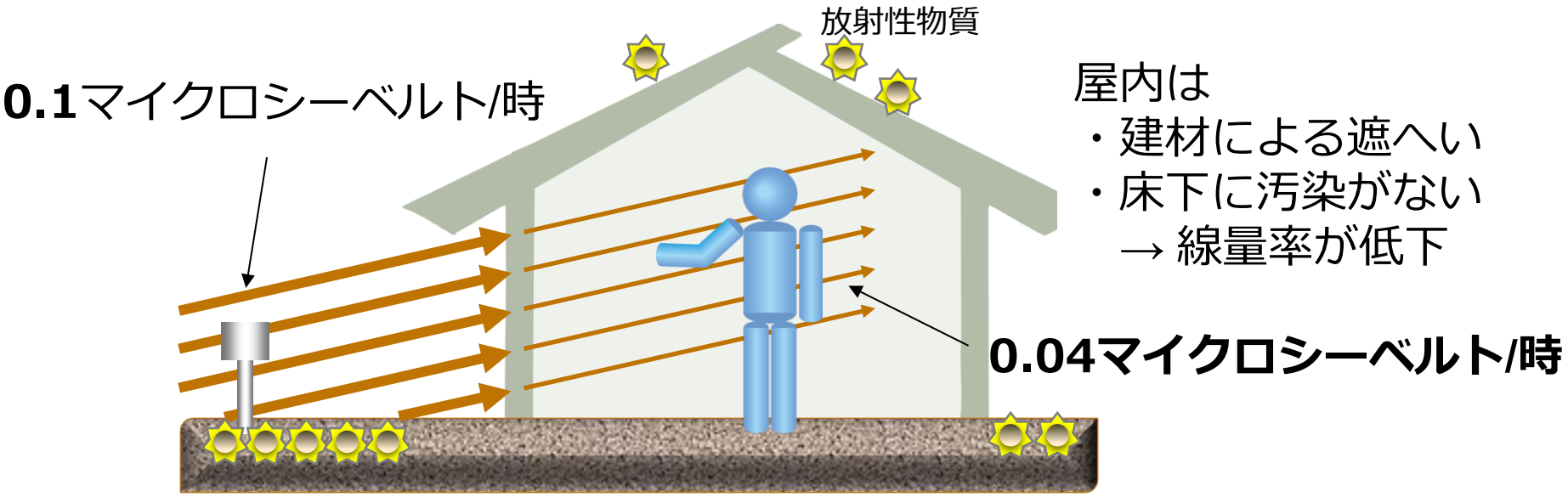
- 降下量は、一定期間の間に単位面積当たりに沈着した（あるいは降下した）放射性物質の量。

  例えばベクレル／平方メートル(**Bq/m²**)





遮へいと低減係数



屋内は
・建材による遮へい
・床下に汚染がない
→ 線量率が低下

場所	低減係数※
木造家屋（１～２階建て）	0.4
ブロックあるいはレンガ家屋（１～２階建て）	0.2
各階450～900m^{2}の建物（３～４階建て）の１～２階	0.05
各階900m^{2}以上の建物（多層）の上層	0.01

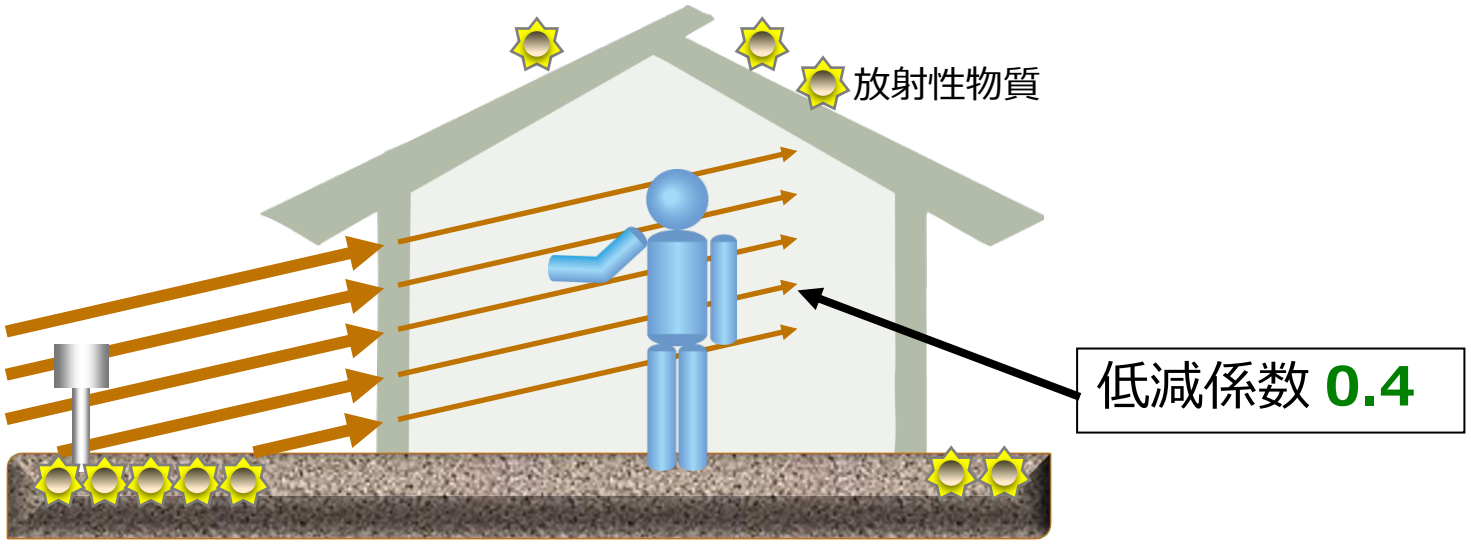
※建物から十分離れた屋外での線量を１としたときの、建物内の線量の比

出典：原子力安全委員会「原子力施設等の防災対策について」（1980年６月（2010年８月一部改訂））より作成

事故後の追加被ばく線量（計算例）

平常時の値を差し引く事が重要

線量率（事故による上昇分：マイクロシーベルト/時）
実測値 －平常時の値＝事故時の線量率



事故時の線量率 × 1日の屋外滞在時間
＋
事故時の線量率 × 0.4 × 1日の屋内滞在時間

1日の被ばく線量

× 365日 ＝ 年間の追加被ばく線量

線量測定と計算

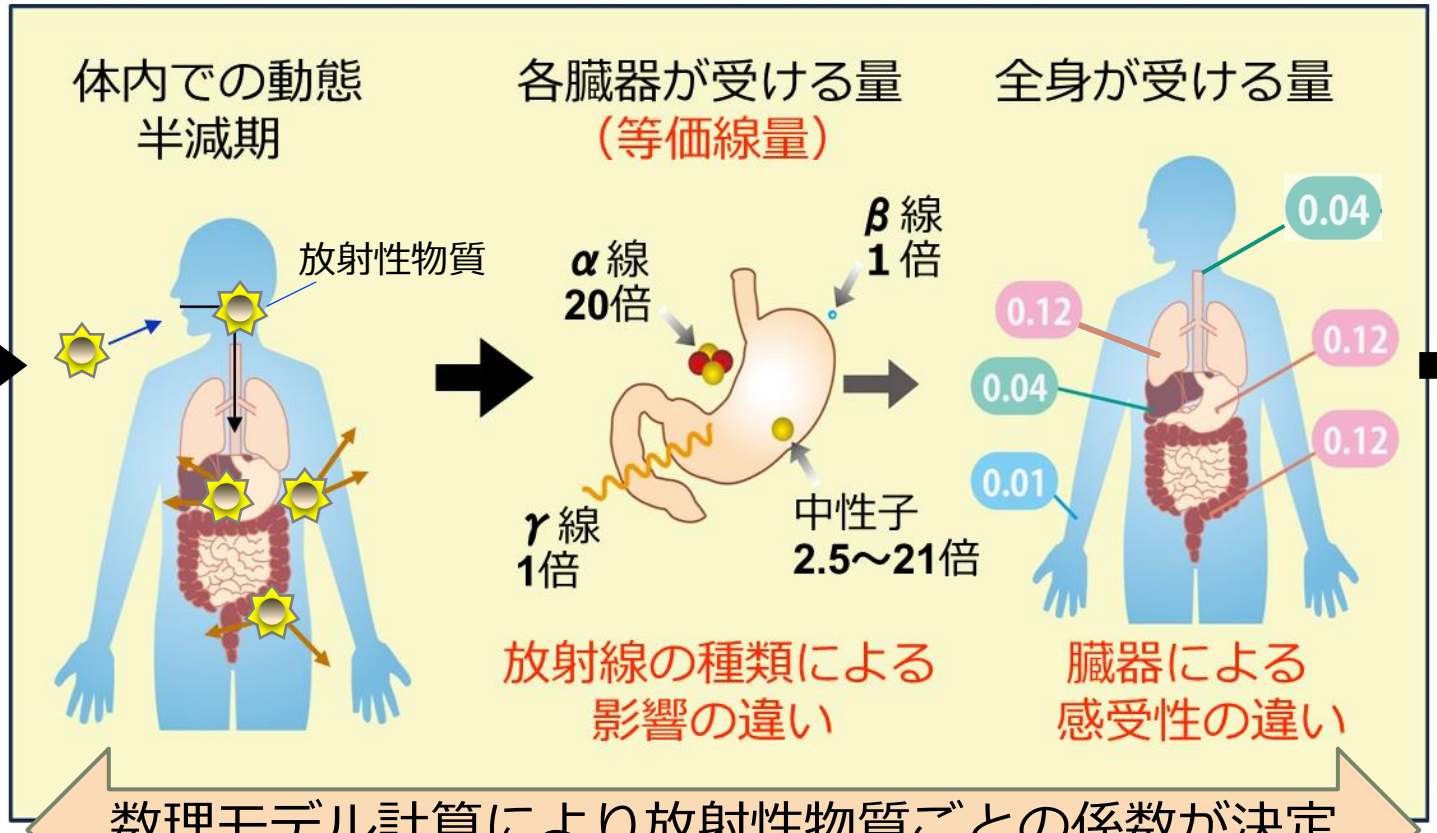
内部被ばく線量の算出

乗じる 預託実効 × 線量係数

預託実効線量係数の算出に当たっては年齢による差も考慮されています。

摂取量

ベクレル (Bq)



数理モデル計算により放射性物質ごとの係数が決定

預託実効線量

シーベルト (Sv)

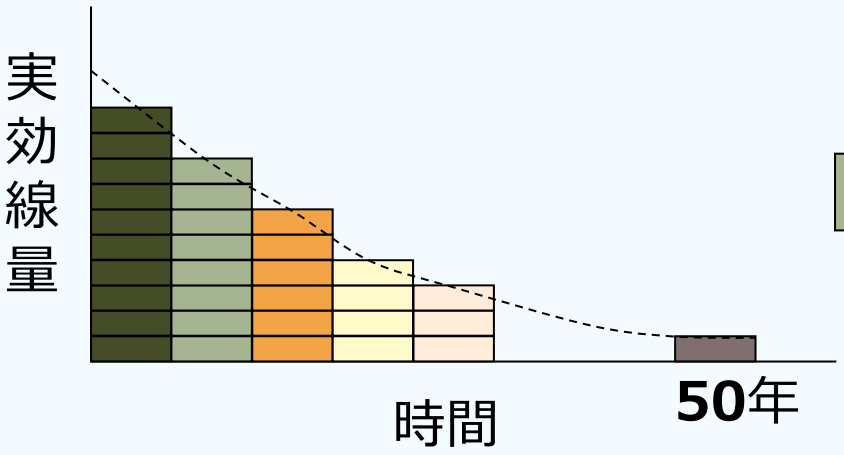
預託実効線量

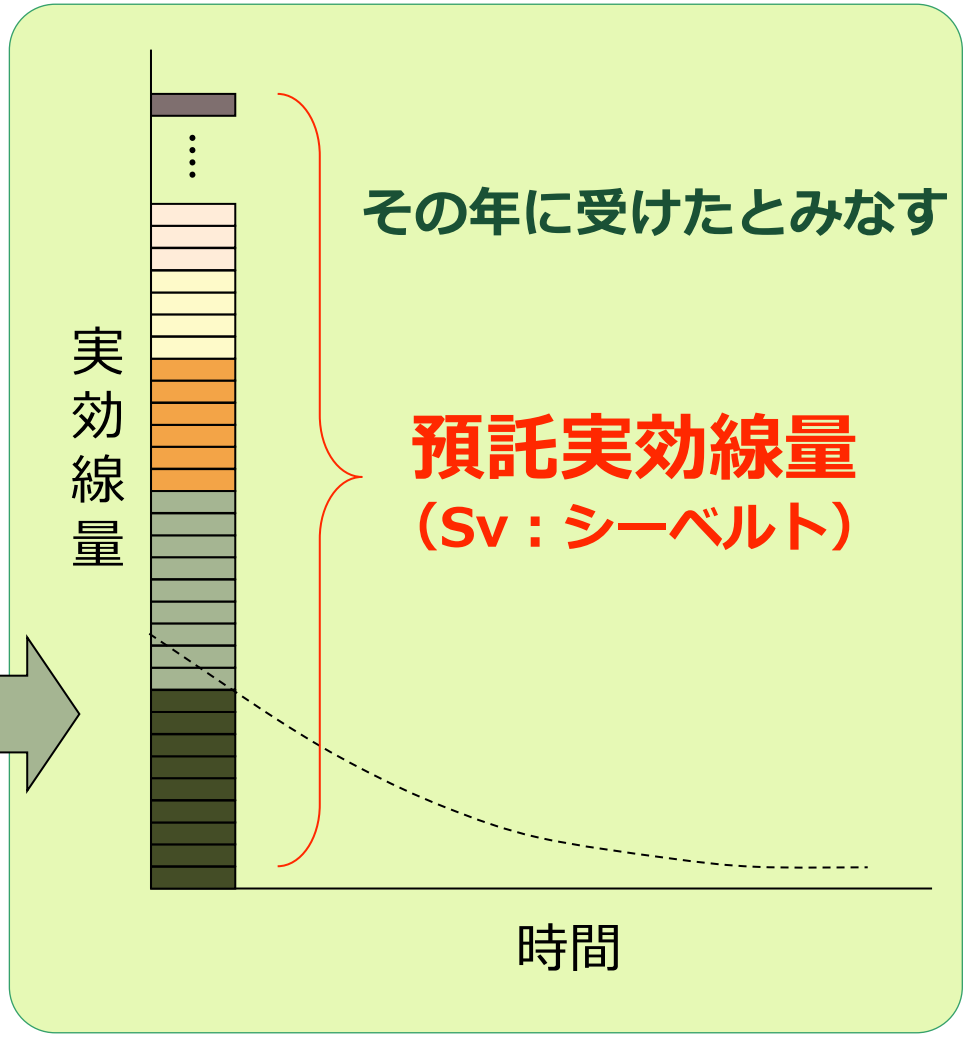
放射性物質を一回だけ摂取した場合に、それ以後の生涯にどれだけの放射線を被ばくすることになるかを推定した被ばく線量

内部被ばくの計算

将来にわたる線量を積算

- 公衆（大人）：摂取後**50**年間
- 子供：摂取後**70**歳まで





実効線量への換算係数

預託実効線量係数（μSv/Bq）（経口摂取の場合）

	ストロンチウム 90	ヨウ素 131	セシウム 134	セシウム 137	プルトニウム 239	トリチウム※
3か月児	0.23	0.18	0.026	0.021	4.2	0.000064
1歳児	0.073	0.18	0.016	0.012	0.42	0.000048
5歳児	0.047	0.10	0.013	0.0096	0.33	0.000031
10歳児	0.06	0.052	0.014	0.01	0.27	0.000023
15歳児	0.08	0.034	0.019	0.013	0.24	0.000018
成人	0.028	0.022	0.019	0.013	0.25	0.000018

μSv/Bq：マイクロシーベルト/ベクレル

※自由水型トリチウム

出典：国際放射線防護委員会（ICRP）, ICRP Publication 119 , Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, 2012より作成

線量測定と計算

食品からの被ばく線量（計算例）

（例）成人が**セシウム137**を**100Bq/kg**含む食品を**0.5kg**摂取

100（Bq/kg） × 0.5（kg） × 0.013（μSv/Bq） = 0.65 μSv

= 0.00065 mSv

預託実効線量係数（μSv/Bq）

	ヨウ素131	セシウム137
3か月児	0.18	0.021
1歳児	0.18	0.012
5歳児	0.10	0.0096
成人	0.022	0.013

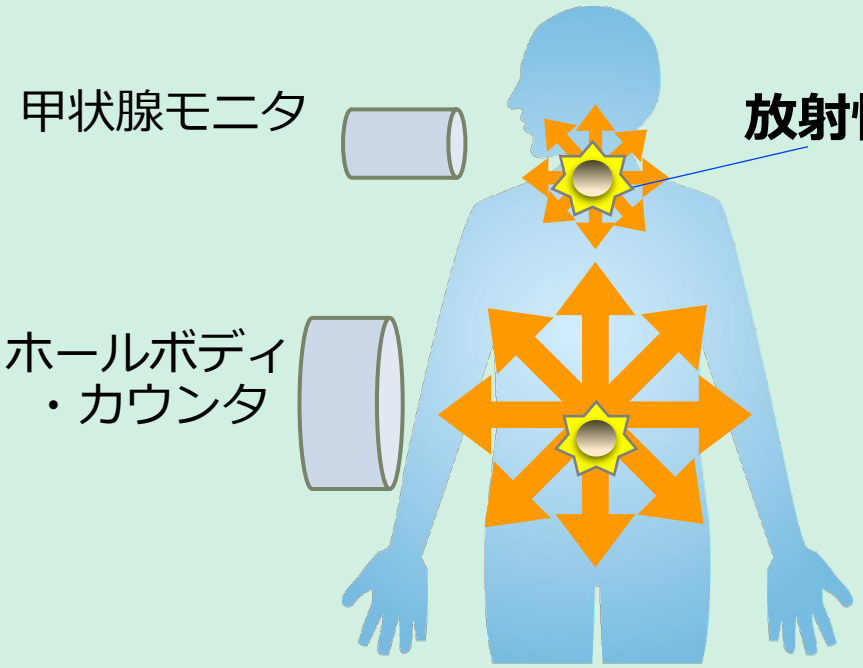
Bq：ベクレル　μSv：マイクロシーベルト　mSv：ミリシーベルト

出典：国際放射線防護委員会（ICRP），ICRP Publication 119，Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60，2012より作成

線量測定と計算

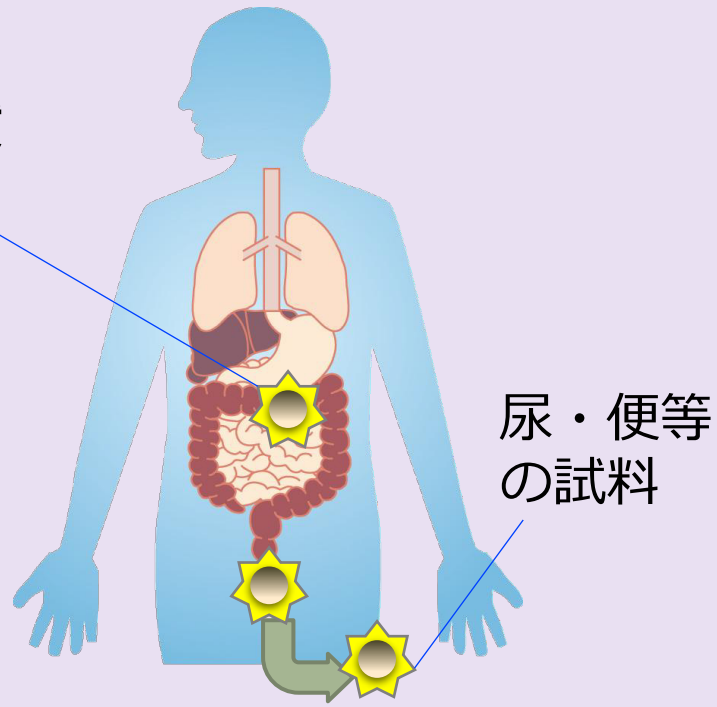
摂取量の推定のための放射能測定法

体外計測法



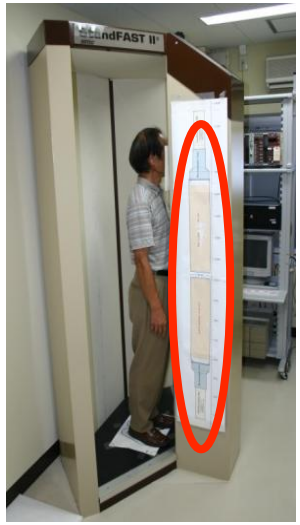
- 体内の放射性物質からの放射線を計測
- 直接測定のため測定時間を拘束される
- 主にγ線を放出する物質が対象
- 計測時間は短い
- 線量評価の精度が高い

バイオアッセイ



- 排泄物等に含まれる放射性物質を計測
- 試料（尿、便等）を提供
- 全部の放射性物質が測定可
- 化学分析に時間が掛かる
- 線量評価結果の誤差が大きい

内部被ばく測定用の機器



全身立位型
ホールボディ・
カウンタ

全身臥位型
ホールボディ・
カウンタ

全身いす型
ホールボディ・
カウンタ

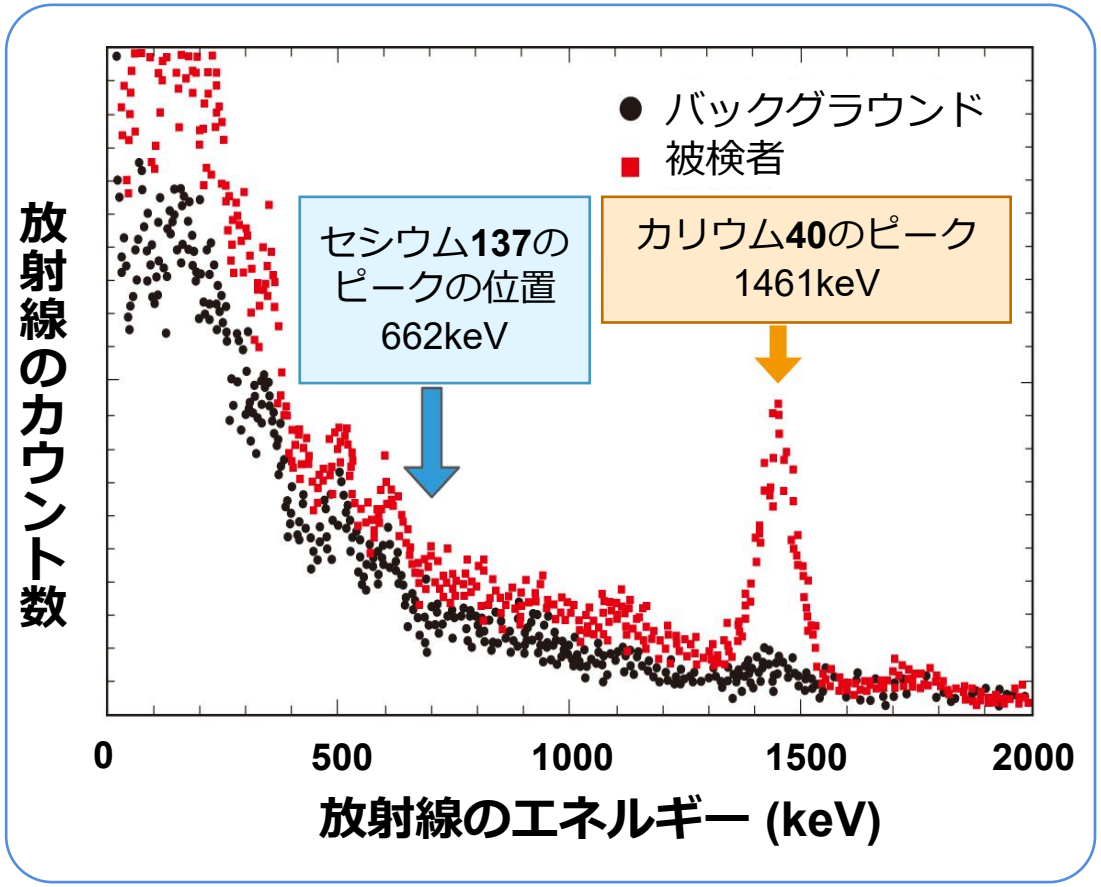
甲状腺モニタ

○ 検出器

線量測定と計算

内部被ばく量の体外計測のデータ

ホールボディ・カウンタ

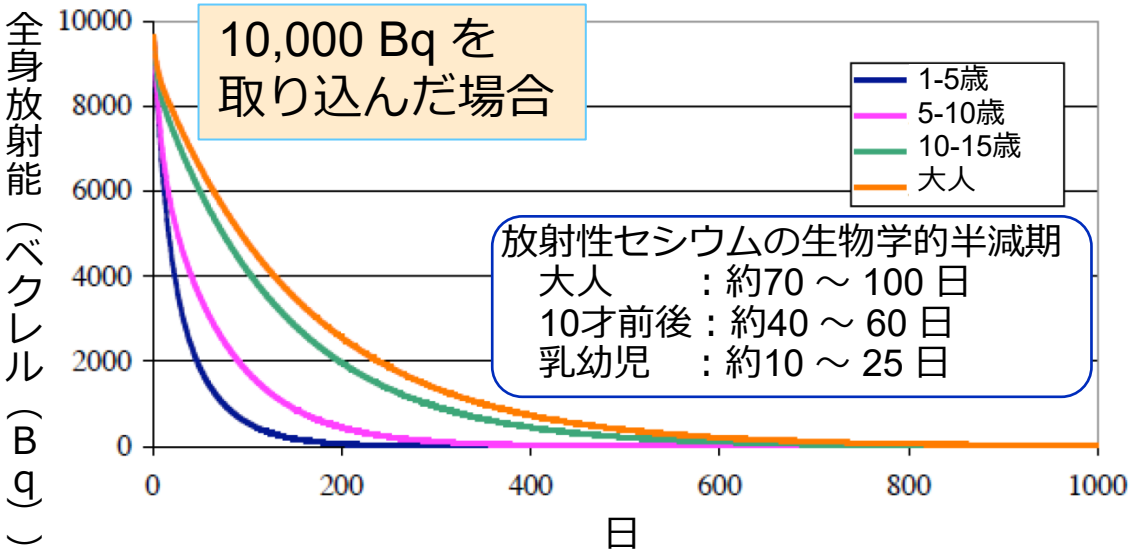


体内から出てくる放射線を測定　⇒　体内の放射能を物質別に求める

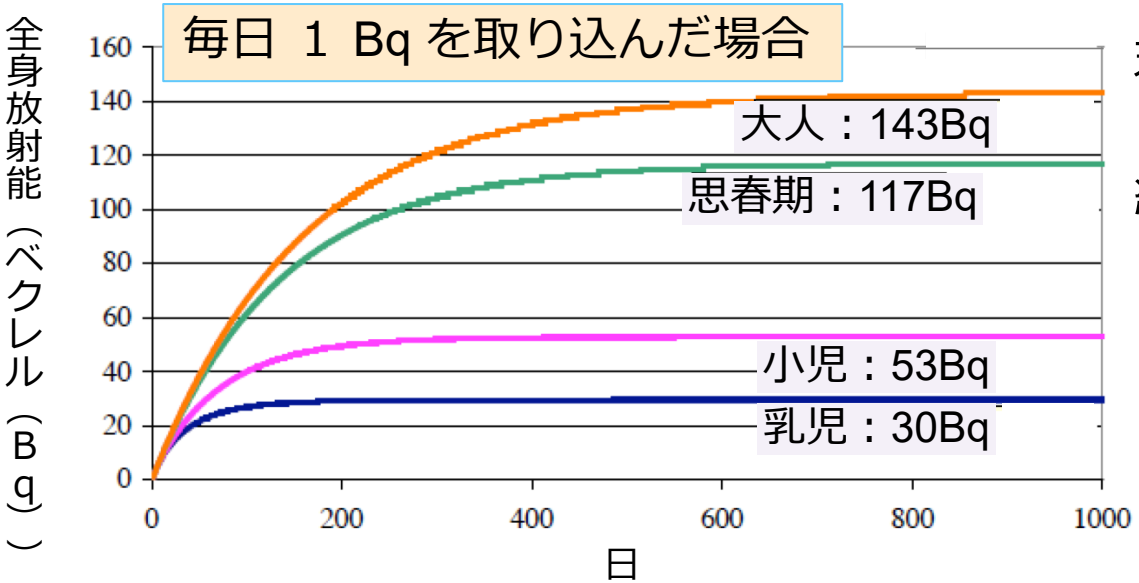
体内にあるカリウムの量は体重 **1 kg**当たり **2 g**程度、
そのうち約**0.01%**が放射性のカリウム**40**

keV：キロ電子ボルト

体内放射能と線量評価



若年のほうが代謝が早い
↓
初期被ばく量推定は
・大人でも１年程度が限界
・子供は半年程度まで



若年のほうが滞留量が少ない
↓
経口追加被ばくの推定は
・子供では有意な値が出にくい
・微量な摂取を検出するためには大人の検査を行うほうが合理的

出典：宮崎、日本放射線安全管理学会シンポジウム（2012年６月29日）発表資料より作成