**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。

**Nal(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。



放射線は目に見えませんが、電離作用や励起作用などが知られており（上巻 P45「放射線測定の原理」）、それらを利用して様々な測定機器が目的と用途に応じて作られています。上記の様々な測定機器は全て励起作用を利用しています。

食品や土壌の放射能濃度を測定するためには、 γ 線のスペクトルを測定できる Ge 検出器や Nal(Tl) 検出器を鉛の遮蔽体の中に設置した測定装置が用いられます。Ge 検出器は、 γ 線のエネルギー分解能に優れており、微量な放射能の定量に適しています。一方、Nal(Tl) 検出器は、エネルギー分解能は Ge 検出器に及びませんが、取扱いが簡単で、また検出効率も比較的大きいことから、食品の検査に多く使用されています。

この他にも、多数のシンチレーションカウンタや Ge 検出器などを装着して、 γ 線核種の体内放射能蓄積を評価するホールボディ・カウンタや、個人の被ばくを管理するための積算型個人線量計や電子式個人線量計などが市販されています。特に、福島の事故以降、様々な電子式個人線量計が考案され、一定時間ごとの被ばく情報が簡単にモニタできるようになってきました。

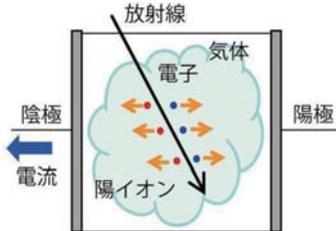
（関連ページ：上巻 P60「内部被ばく測定用の機器」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2017年3月31日

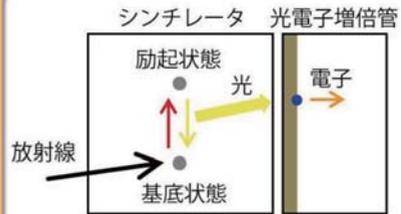
放射線と物質との相互作用を利用して測定する。

(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 (TI) シンチレーション式
サーベイメータなど

放射線は物質中を通過する時に、物質と相互作用することが知られています。放射線と物質との相互作用を利用して放射線の量を測定します。

GM 計数管式サーベイメータや電離箱では、放射線と気体との電離作用を利用します。電離作用とは放射線が物質中の原子核の電子を外に弾き飛ばす作用です。GM 計数管式サーベイメータや電離箱の検出器の中には、ガスが充填されています。検出器の中を放射線が通過すると、放射線が気体原子に対して電離作用を起し、原子が陽イオンと電子に分離します。分離した電子と陽イオンは、それぞれ電極に引き寄せられ電流が流れます。これを電気信号に変換して放射線の量として測定します。

NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータでは、物質との励起作用を利用します。放射線が原子核の電子にエネルギーを与え、その電子が外側の軌道に飛び移る場合を励起と呼びます。この状態の原子は不安定な状態（励起状態）で、再び安定な状態（基底状態）に戻る際、エネルギーを光として放出します。これが励起作用です。シンチレータとは放射線が入射して光を発生する物質です。シンチレータから発せられる微弱な光を光電子増倍管で増幅し電気信号に変換して放射線を計測します。NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータ以外にもゲルマニウム半導体検出器が同じ励起作用を利用しています。

（関連ページ：上巻 P18「放射線の電離作用－電離放射線の性質」）

本資料への収録日：2017年3月31日

「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、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

放射能や線量率の測定結果が「不検出（ND）」となることがあります。

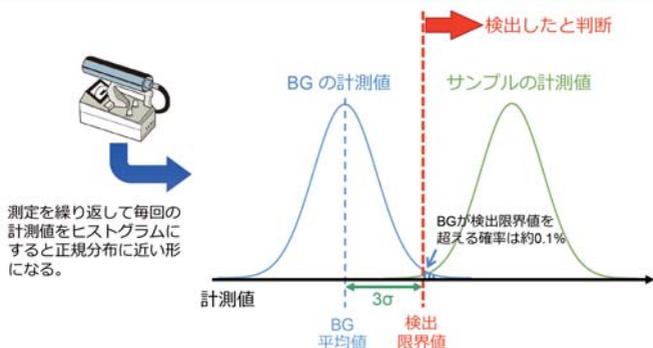
これは放射性物質が全く存在しないことを意味するのではなく、測定上は検出限界未満の濃度であるということを示しています。

検出限界値は測定時間や試料の量などによって変化し、一般的には測定時間が長ければ長いほど、試料の量が多ければ多いほど、小さい値になります。検出限界値を低く設定するとわずかな量でも検出することができますが、時間や経費を要することになり検査できる試料数の減少につながります。そのため、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。

本資料への収録日：2019年3月31日

改訂日：2021年3月31日

- 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同時に、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。



一般的にサーベイメータ等でバックグラウンドの放射能や線量率を測定する場合、測定条件のわずかな変化が計測値に影響を与えます。そのため信頼できる計測結果を得るためには、何回か繰り返し測定を行う必要があります。

繰り返し計測した値をヒストグラムにすると、正規分布に近い形となります。こうしたバックグラウンド計測値の揺らぎの中で試料を測定した際に、統計的に有意な計測値として検出する最低量のことを検出限界値（検出下限値）といいます。

代表的な検出限界値の考え方である 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倍を加えた値を検出限界値と定義します。これは、計測値が 3σ よりも大きいとき、バックグラウンド計測値がゆらぎによって 3σ を超える確率が約0.1%であることによります。

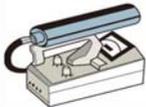
3σ 法のほかにCurrie法という考え方もあります。この考え方では、検出限界近くの測定値を「偽陰性」、すなわち誤って不検出（ND）と判断する確率を減らすため、サンプル測定値の揺らぎも考慮して検出下限値を定めます。

参考資料

- Gordon Gilmore, John D.Hemingway (著), 米沢 伸四郎 ら邦訳, 実用 γ 線測定ハンドブック, 日刊工業新聞社 (2002)
- 上本道久, 検出限界と定量下限の考え方, ぶんせき, 2010 5, 216-221 (2010)

本資料への収録日：2019年3月31日

改訂日：2022年3月31日

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。
Nal (TI) 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 $10\mu\text{Sv/h}$ 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。

サーベイメータには、体表面汚染検査用と空間線量率測定用があります。GM計数管式サーベイメータは β （ベータ）線に対する感度が高く、体表面汚染検査に適しています。比較的安価で、汚染されている場の特定や除染の効果を確認するのに有用です。

電離箱は高レベルの空間線量率の測定に最も適していますが、あまり低い線量率の測定はできません。そこで一般環境の空間線量率の測定にはシンチレーション式が最も適しています。

Nal (TI) シンチレーション式サーベイメータは、放射能の強さを計測することが可能ですが、測定する場の放射線レベルや測り方によって測定値が変わります。また測定値からベクレルへの換算をするためには、事前に基準となる放射線源を備えた施設での校正が必要になるので、実施に当たっては専門家の協力が必要です。

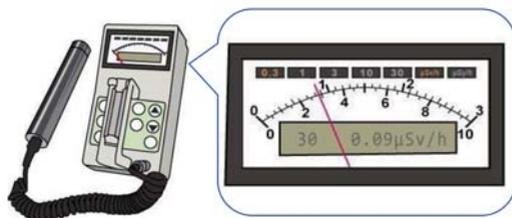
個人線量計を用いると、被ばくの積算線量を知ることができます。電子式の直読式のものであれば、一定期間ごと、あるいは作業ごとに、被ばくの程度を自分で確認することができます。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

例：NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ (TCS-171)

- ① バックグラウンドの測定
- 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

線量の測定方法の例として、NaI シンチレーション式サーベイメータを用いたγ（ガンマ）線空間線量率の測定方法を図示してあります。

測定前に機器の健全性（外観、電源、高圧）のチェックをし、その後バックグラウンドの測定をします（〔0.3 μSv/h〕レンジ、〔30sec〕時定数に設定）。通常、バックグラウンド値は0.1 μSv/h 程度を指示します。

現場での測定は、通常地上約1 mの高さで測定します。測定計数レンジを調整してメータの指示値が目盛の中央付近になるよう調整します。時定数は測定の目的に合わせて調整します。粗く広範囲の測定や高線量の場合は、時定数を少なくし、精度の良い測定や低線量の場合は、時定数を大きくします。その場所での測定を開始し、時定数の3倍程度の時間が経過してから、指示値の平均を読み取ります（例えば30秒の場合は、1分30秒後に値を読みます）。

指示値を測定条件ごとに決まっている校正定数で掛けることにより、線量当量率（μSv/h）を求めることができます。

測定器の使用上の注意点として、使用前に動作が正常かどうか確認すること、精密機器のため丁寧に扱うこと、雨天時や汚染レベルの高い区域での測定では測定器をポリエチレンシートで被うことなどがあります。

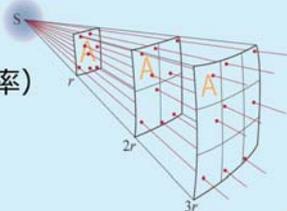
本資料への収録日：2017年3月31日

改訂日：2019年3月31日

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

同じ量だけ放射性物質があったとしても、放射線の強さ（線量率）は、放射線を出しているもの（線源）から近ければ強く、遠ければ弱くなります。放射性物質が1箇所にある（点線源）のであれば、距離の2乗に反比例して線量率は低くなります。また、大気等の影響によっても線量率は低くなります。

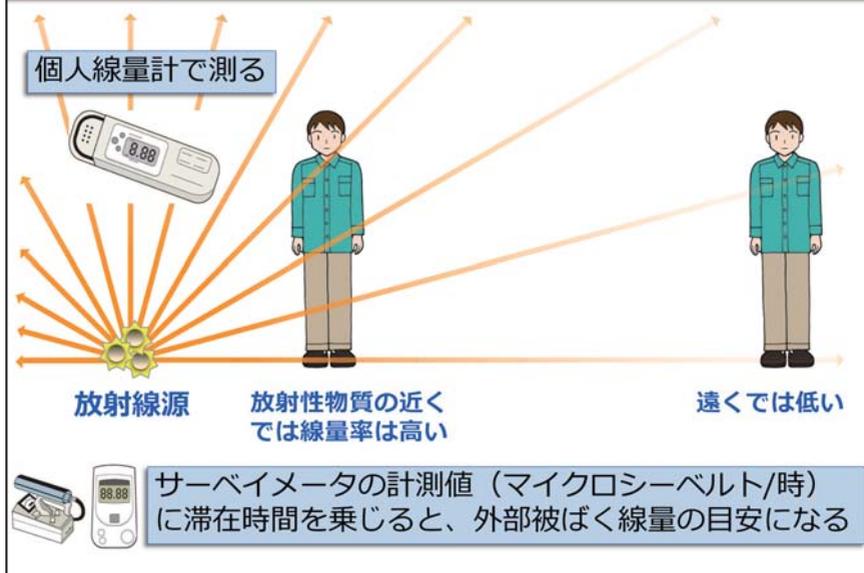
放射性物質が広い平面上に一樣分布している場合、距離と線量率の関係を表す式は複雑になりますが、点線源の場合と同様に、地面からの高さが高くなるほど線量率は低くなります。ただし、実際には分布は一樣ではなく不均一であること、滑らかな平面ではないこと、空気などによる減衰などから、必ずしも関係式で得られる値になるとは限りません。

外部被ばく線量を計算するときには、放射能の強さを表すベクレルからではなく、人体が受けた放射線の量（グレイあるいはシーベルト）から計算します。

線量率が一定であるならば、その線量率に放射線を浴びていた時間を乗じることで被ばく量を計算することができます。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



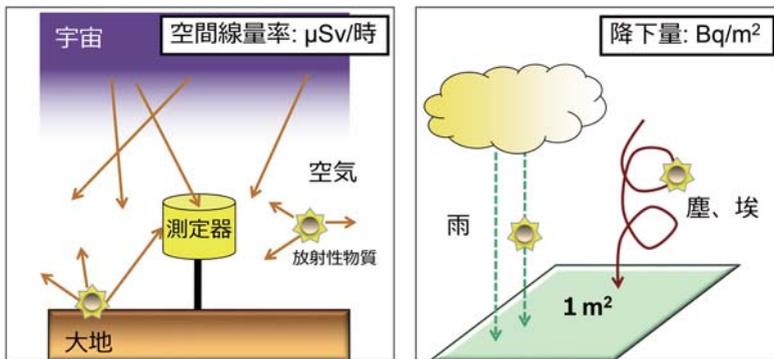
外部被ばくによる線量を計測する方法として、個人線量計を装着する方法があります。個人線量計では、一定時間に受けた放射線の積算量の計測や、線量率の読み取りが可能です。

他にもサーベイメータを用いて、作業する場所の放射線量を計測することで、その場に人がいたらどのくらい被ばくするかを推計することができます。体の外からの α （アルファ）線や β （ベータ）線は体内にまでは届きませんので（上巻P22「透過力と人体での影響範囲」）、外部被ばくの線量測定としては γ 線を測定します。最近の計測機器は、1時間当たりのマイクロシーベルトで表示されるものが多いので、この測定値にその場にいた時間を乗じて、外部被ばくによる線量を概算します。ただし、NaI（TI）シンチレーション式サーベイメータのように適切な性能を持ち、校正されている機器を用いるようにします。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日

- **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($\mu\text{Sv}/\text{時}$)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/m^2)



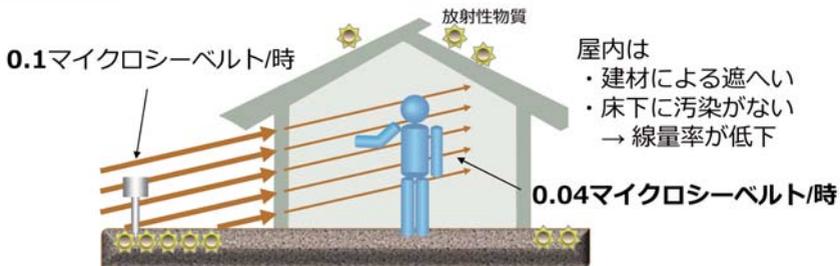
空間線量率というのは、空間中の γ （ガンマ）線量を測定したもので、1時間当たりのマイクロシーベルトで表示されています。空気中に漂っている放射性物質からの γ 線も検出していますし、大地に落ちた放射性物質からの γ 線も検出しています。また計測しているのは事故由来の放射線だけではありません。自然放射線としては、主に大地からの放射線と宇宙線が挙げられます。

通常、測定器は地上1 mくらいの高さに置かれることが多いのですが、これは大人の場合この高さに重要な臓器があるからです。学校や幼稚園など主に子供が生活する場所では、測定器の高さを地上50cmとする場合もあります。

降下物中の放射能量は、単位面積当たりに落ちてきた放射性物質の量で表します。放射性物質の種類ごとに、1日当たりあるいは1か月当たりといった期間ごとの数値で示されることが一般的です。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



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

空間線量率を測定する適切なサーベイメータ（上巻 P48 「外部被ばく測定用の機器」）がない場合は、国や地方自治体等が発表している空間線量率を基に計算することができます。屋外で受ける放射線量は、近くで計測された実測値を使います。屋内での線量率を求める場合は、近くの屋外線量率の値に低減係数を乗じて、屋内の空間線量率を推定します。

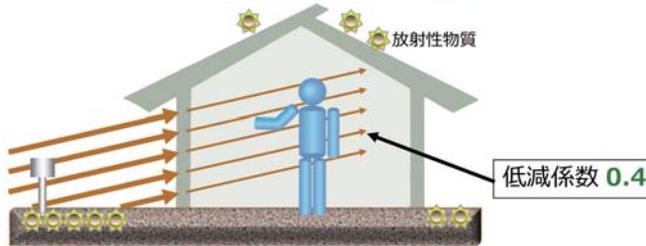
低減係数は、建物による遮へいや床下に汚染がないことなどを考慮したもので、建物の種類や放射性物質が浮遊しているか、沈着しているかによって値が異なります。例えば、放射性物質が土壌や建物に沈着している場合、木造家屋は外からの放射線を約4割に低減します。ブロックやレンガの家屋、鉄筋コンクリート家屋では、より遮へい効果が高まり、木造家屋に比べ放射線量は低くなります。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

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 × 365日 = 年間の追加被ばく線量

1日の被ばく線量

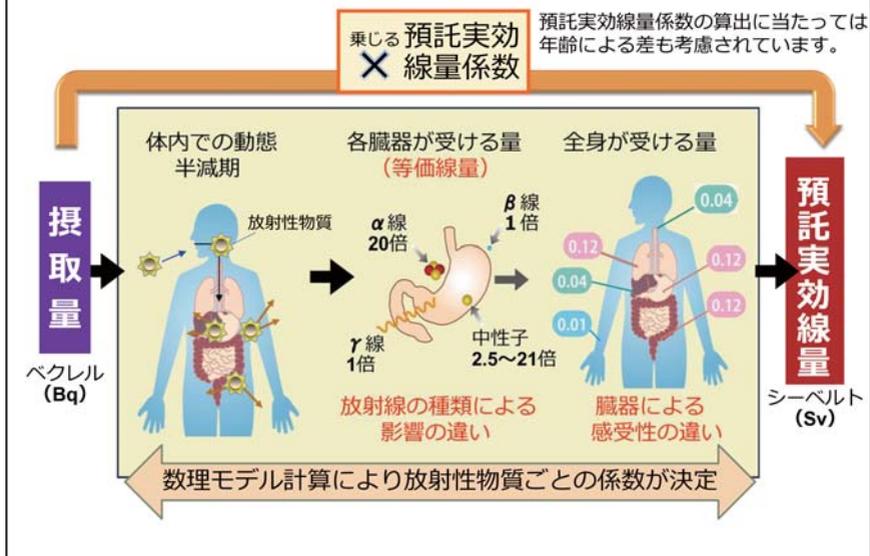
サーベイメータで計測される空間線量率には、自然界からのγ（ガンマ）線も含まれています。もし東京電力福島第一原子力発電所事故による放射線量のみを算出する場合は、今実測される空間線量率から、東京電力福島第一原子力発電所事故前の計測値（バックグラウンド値）を引き、事故による上昇分を求めます。事故前の値は、ウェブサイト「日本の環境放射能と放射線（<https://www.kankyo-hoshano.go.jp/data/database/>）」で調べることができます。

こうして求めた屋外と屋内の線量率の上昇分に、それぞれで過ごす時間を乗じたものが、平常時から増加した被ばく線量（追加被ばく線量）の目安になります。

事故後の追加被ばく線量を求める計算例では、滞在時間を屋外8時間、低減係数0.4の典型的な日本家屋に16時間滞在すると仮定して1日の追加被ばく線量を計算しています。さらに、1日の追加被ばく線量に1年間の日数の365を掛けることで、年間の追加被ばく線量を推計しています。

事故後に市町村が中心となって除染を行う汚染状況重点調査地域を指定する際の基準となった毎時0.23マイクロシーベルトは、追加被ばく線量年間1ミリシーベルトに由来します（上記の計算例と同じ安全側の仮定の計算で、年間の追加被ばく線量が1ミリシーベルトとなる1時間当たりの被ばく線量0.19マイクロシーベルトに、自然放射線由来被ばく線量0.04マイクロシーベルトを加えたもの）。

この計算例は、東京電力福島第一原子力発電所の事故対応において、保守的な仮定の下で設けられた簡易的な推計方法です。そのため、実際の生活の中で個人が受ける外部被ばく線量は計算結果より低くなりうると考えられています。



内部被ばくの実効線量を求める方法も、基本は外部被ばくの場合と同じです。ただし臓器や組織の吸収線量の求め方が異なります。

放射性物質が体のどの部分に蓄積するのかが放射性物質ごとに異なります。また呼吸により呼吸器経路で放射性物質が体内に入った場合と、飲食物と一緒に消化管経路で体内に入った場合では、同じ放射性物質であっても体の中での代謝や蓄積といった挙動が違います。さらに、大人が、子供が、赤ちゃんがによっても、放射性物質がどれだけ体の中にとどまっているかが違います。

こうした条件の違いごとに、数値モデル計算を行い、どのくらいの放射性物質を摂取したら、各臓器や組織がどれだけの吸収線量を受けるかを求めます。次に、外部被ばくの被ばく線量計算と同様に、放射線の種類や臓器による感受性の違いを考慮します。こうして算出した内部被ばくの被ばく線量を、預託実効線量（単位はシーベルト）と呼びます（上巻 P56 「預託実効線量」）。

実際には、摂取量（単位はベクレル）に預託実効線量係数を乗じることで、内部被ばく線量を求めることができます。預託実効線量係数は、放射性核種の種類や年齢ごとに細かく定められています（上巻 P57 「実効線量への換算係数」）。

本資料への収録日：2013年3月31日

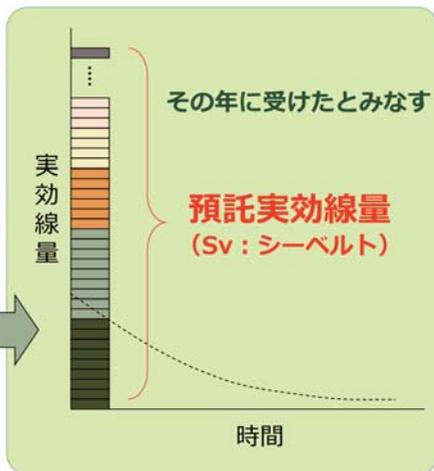
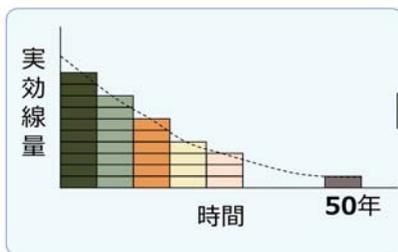
改訂日：2019年3月31日

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



放射性物質は、体内に摂取された後、一定期間体内にとどまります。その間、人体は放射線を受け続けることとなります。そのため内部被ばくによる線量としては、1回に摂取した放射性物質の量から、将来にわたって受ける放射線の総量を考えます。これを預託線量（単位はシーベルト）といいます。

体内に取り込んだ放射性物質は、時間と共に体内から減少します。その原因の一つは放射性物質の壊変によるものです。もう一つは、尿や便等により排泄されることによるものです。体からの排泄の速度は、元素の種類やその化学形態、年齢によって異なります。預託線量はこのような違いを考慮して、ある放射性物質により人体が受ける放射線量の一生分を積算した量を、その年に受けたものとみなします。

特に、実効線量に着目して一生分を積算した線量を「預託実効線量」と呼びます。このときの一生分とは、大人は50年、子供は70歳になるまでの年数です。放射性セシウムの場合、体外へ排出される速度が早いことから（実効半減期がセシウム134で64日、セシウム137で70日）（上巻P31「原発事故由来の放射性物質」）、摂取後2～3年の間に、預託線量のほとんどの被ばくを受けるとしています。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

預託実効線量係数 ($\mu\text{Sv/Bq}$) (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

 $\mu\text{Sv/Bq}$: マイクロシーベルト/ベクレル

※自由水型トリチウム

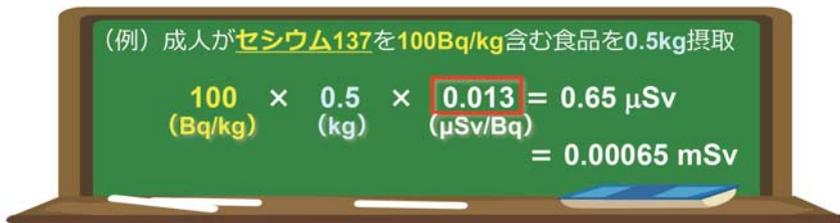
出典 : 国際放射線防護委員会 (ICRP) , ICRP Publication 119 , Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60 , 2012より作成

内部被ばくの線量評価では、核種・化学形ごとに摂取量を推定し、それに線量係数を乗じて線量を計算します。線量係数とは、1ベクレルを摂取したときの預託等価線量又は預託実効線量のことです。国際放射線防護委員会 (ICRP) によって、核種、化学形、摂取経路 (経口あるいは吸入)、年齢ごとに具体的な値が与えられています。

預託の期間、すなわち線量の積算期間は、成人で50年、子供では摂取した年齢から70歳までとなっています。

本資料への収録日 : 2013年3月31日

改訂日 : 2018年2月28日



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

例えば、大人がセシウム137を含んだ飲食物を摂取した場合の線量を計算してみます。

1 kg 当たり100ベクレルのセシウム137を含んだ食品を0.5kg 食べたとします。

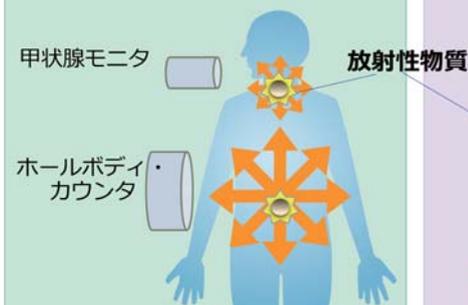
実際に口に入ったセシウム137の量は、50ベクレルになります。この量に預託実効線量係数を乗じることで、預託実効線量（上巻 P56「預託実効線量」）を求めることができます。

預託実効線量係数は、放射性物質の種類ごと、経路ごと（吸入摂取か経口摂取か）、年齢ごとに、細かく定められています（上巻 P57「実効線量への換算係数」）。

本資料への収録日：2013年3月31日

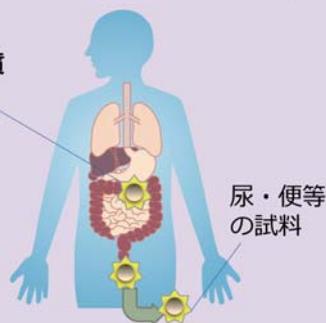
改訂日：2015年3月31日

体外測定法



- 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の

内部被ばく線量の計算に必要な摂取量の推定には、体の中から出てくる γ （ガンマ）線等を直接測る体外計測法と、尿や便等の試料中にある放射性物質の量を測るバイオアッセイを用いる方法があります。

体外計測法では、測定時間が長ければ長いほど正確な値が得られます。しかし体外計測器は、人体からの放射線と同時に、環境からの放射線も計測するので、空間線量率が高い場所で測定する際には、環境からの放射線の遮へいを十分に考慮する必要があります。また γ （ガンマ）線や X 線を出さない放射性物質については計測することはできません。

バイオアッセイでは、あらゆる放射性物質を測定することができますが、1回の試料採取では正確な数値を得ることができず、数日間分の試料（尿・便等）をためる必要があります。放射性物質の排出量が、個人によって、また体調や食量等でも変動することを考えると、体外計測法よりも誤差は大きくなると考えられます。

これらの方法で得られた結果から、放射性核種の摂取シナリオ、化学形、摂取経路（吸入、経口）等を勘案し、どのくらいの割合の放射性物質が体に残っているか、排泄物中にあるかを数理モデル（上巻 P55 「内部被ばく線量の算出」）から計算し、摂取量を求めます。どちらの方法も、検出された放射性物質をいつ取り込んだか判断が難しい場合には、割り出された被ばく量の誤差が大きくなります。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日

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

体内の放射能を直接測定するためには、全身から出てくる γ （ガンマ）線を測定するホールボディ・カウンタという機器を使います。ホールボディ・カウンタには、立って測る、寝て測る、座って測るタイプがあります。

放射性セシウムは、体の至る所に分布しますので、体内量の計測にはホールボディ・カウンタが使われます。一方、放射性ヨウ素による内部被ばくが疑われる場合には、甲状腺モニタが用いられます。これは、ヨウ素は甲状腺に蓄積するため（上巻P127「甲状腺について」）、首の甲状腺のある部分に放射線検出器を当てて、そこから出てくる γ 線を測るものです。

測定にかかる時間は、簡易型全身カウンタで1～5分、精密型全身カウンタで10～30分、また甲状腺モニタで2～5分程度です。

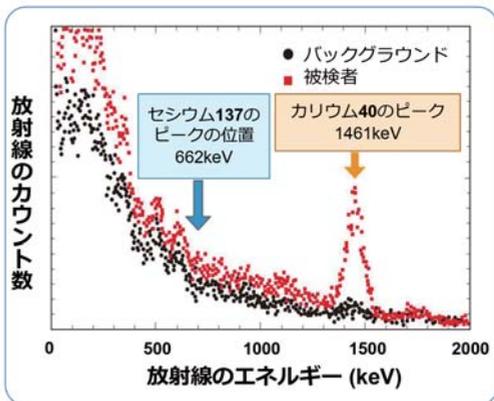
（関連ページ：下巻 P162「ホールボディ・カウンタによる内部被ばく検査」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2018年2月28日



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

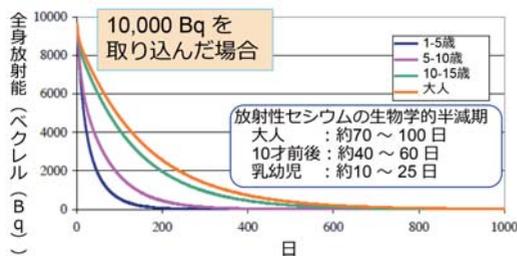
ホールボディ・カウンタで体内から出てくる放射線を測定すると、核種ごとに放射能を定量評価することができます。

グラフの黒い●は誰もベッドに乗らず空の状態（バックグラウンド）で測定した値です。人が寝て測定すると、赤い■のように放射線のピークが見えます。γ（ガンマ）線は放射性物質ごとに固有のエネルギーを持っているので、特定のエネルギー、例えば、放射性カリウム（カリウム40）のγ線のエネルギーである1,461キロ電子ボルト（keV）に着目すると、体内の放射性カリウムからのγ線であることが分かります。なお、セシウム137のγ線エネルギーは662キロ電子ボルト（keV）です。

カリウムは生物に必須な元素ですが、全体のカリウムのうちの約0.01%が放射性のカリウムです。放射性カリウムは主に細胞の水分の中に含まれていて、筋肉中には存在しますが、水分をほとんど持たない脂肪細胞にはほとんど含まれていません（上巻 P8「自然由来・人工由来」）。

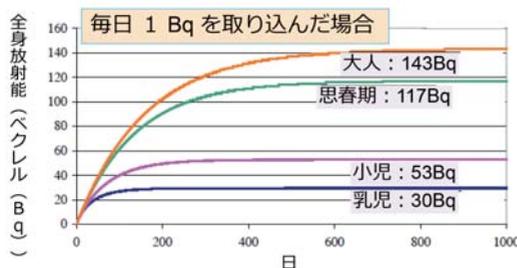
本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日



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
 ・子供では有限値が出にくい
 ・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

ホールボディ・カウンタでは、測定日当日の体内放射能を測ることが可能ですが、他の測定機器同様、機械の性能や測定時間によって検出限界が決まっています。

放射性セシウムの生物学的半減期（上巻 P11 「半減期と放射能の減衰」）は成人で70～100日のため、初期被ばく量の推定は原発事故後1年程度が限界です。図に示されているように、体内に取り込まれたセシウムの放射能は、実効半減期により1年程度を過ぎると0ベクレルに近づいていくため、体内の放射能は以前の数値に戻っていきます。それ以降のホールボディ・カウンタ測定は、主に食品からの慢性被ばくを推定する目的で行われます（上巻 P61 「内部被ばく量の体外計測のデータ」）。

一方、子供は代謝が早いことから、微量な摂取では初期被ばくの推定は半年程度、慢性的内部被ばくの推定も滞留量が少ないため検出限界以下となることが多くなります。このような場合、預託実効線量係数が代謝の早い子供と遅い大人ではあまり変わらないことを踏まえ、大人を検査して被ばく量推定を行う方が、内部被ばく状況の詳細を把握するには合理的と考えられています。

体内放射能の測定結果から預託実効線量を予測するためには、急性か慢性か、吸入か経口か、いつ摂取したのか等を踏まえて、適切な仮定とモデルを選ぶことが必要となります。

なお、ヨウ素131のように実効半減期が短い放射性核種は、時間経過により減衰してしまった後は検出することができません。また、ストロンチウム90は β （ベータ）線を出し、 γ （ガンマ）線は出しませんので、ホールボディ・カウンタでは測ることができません。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日