

線量測定と計算

預託実効線量

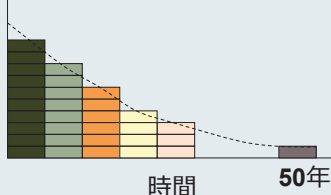
放射性物質を一回だけ摂取した場合に、それ以後の生涯にどれだけの放射線を被ばくすることになるかを推定した被ばく線量

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
- 子ども：摂取後70歳まで

実効線量



実効線量

その年に受けたとみなす

預託実効線量
(シーベルト)

時間

放射性物質は、体内に摂取された後、一定期間体内に留まります。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、時間とともに体内から減少します。その原因の一つは放射性物質の半減期によるものです。もう一つは、尿や便など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に当たります。

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。この時の一生分とは、大人は50年、子どもは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：32頁「原発事故由来の放射性物質」参照）、摂取後2～3年の間に、預託線量のほとんどの被ばくをします。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

実効線量への換算係数

預託実効線量係数 ($\mu\text{Sv/Bq}$) (経口摂取の場合)

	ヨウ素 131	セシウム 134	セシウム 137	ストロンチウム 90	プルトニウム 239
3か月児	0.48	0.026	0.011	0.13	5.2
1歳児	0.18	0.016	0.012	0.073	0.42
5歳児	0.10	0.013	0.0096	0.047	0.33
10歳児	0.052	0.014	0.01	0.06	0.27
15歳児	0.034	0.019	0.013	0.08	0.24
成人	0.022	0.019	0.013	0.028	0.25

 $\mu\text{Sv/Bq}$: マイクロシーベルト/ベクレル

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

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、それに線量係数をかけ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また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、子ども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 : 2015年3月31日

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

$$100 \text{ (Bq/kg)} \times 0.5 \text{ (kg)} \times 0.013 \text{ (\mu Sv/Bq)} = 0.65 \text{ }\mu\text{Sv}$$

$$= 0.00065 \text{ mSv}$$

実効線量係数（ $\mu\text{Sv/Bq}$ ）

	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

出典：国際放射線防護委員会（ICRP）Database of Dose Coefficients CD-ROM, 1998

Bq：ベクレル μSv ：マイクロシーベルト mSv：ミリシーベルト

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。

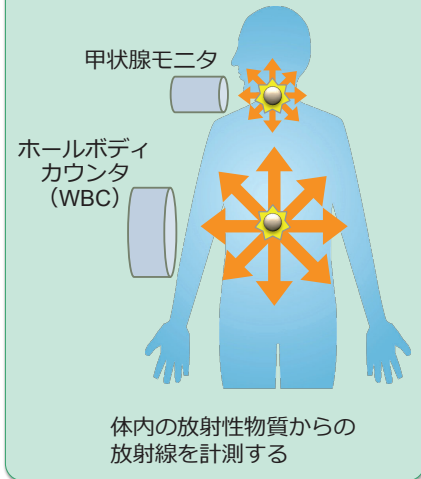
1kg 当たり 100 ベクレルのセシウム 137 を含んだ食品を 0.5kg 食べたとします。実際に口に入ったセシウム 137 の量は、50 ベクレルになります。この量に実効線量係数を乗じることで、預託実効線量を求めることができます。

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）、年齢ごとによって、細かく定められています。

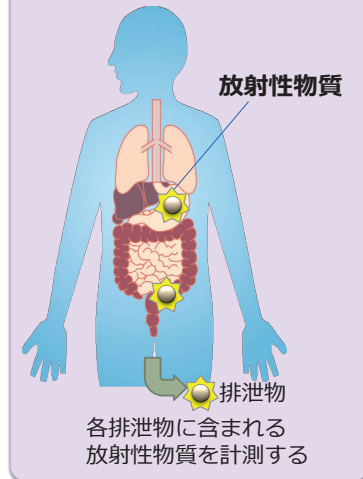
本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

体外測定法



バイオアッセイ



内部被ばく線量の計算に必要となる摂取量の推定には、体の中から出てくる γ （ガンマ）線を直接測る体外計測法と、尿や便の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。

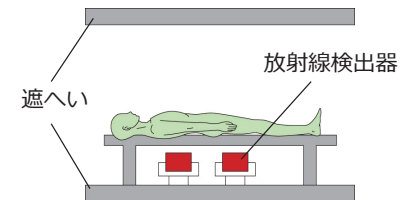
これらの方法で得られた結果から、放射性核種の摂取時期、化学形、摂取経路（吸入、経口）などを勘案し、どのくらいの割合の放射性物質が体に残っているか、排泄物中にあるかを数理モデル（49頁「内部被ばく線量の算出」参照）から計算し、摂取量を求めます。

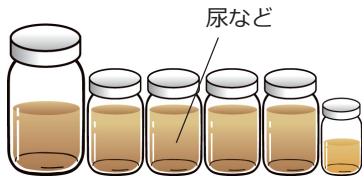
本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

体内放射能の評価法の比較

体外計測法	バイオアッセイ
人体を直接測定	間接測定
直接測定のため測定時間を拘束される	試料（尿、便など）を提供
主に γ 線を放出する物質が対象	全部の放射性物質が測定可
装置内での計測時間は短い	化学分析に時間がかかる
線量評価の精度が高い	線量評価結果の誤差が大きい





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、空間放射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じゅうぶんに考慮する必要があります。また γ （ガンマ）線を出さない放射性物質については測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・便など）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、また体調や食量など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。

どちらのケースも、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：2015年3月31日

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

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、体のいたるところに分布しますので、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、首の甲状腺のある部分に放射線検出器をあてて、そこから出てくる γ 線を測るものです。

本資料への収録日：2013年3月31日

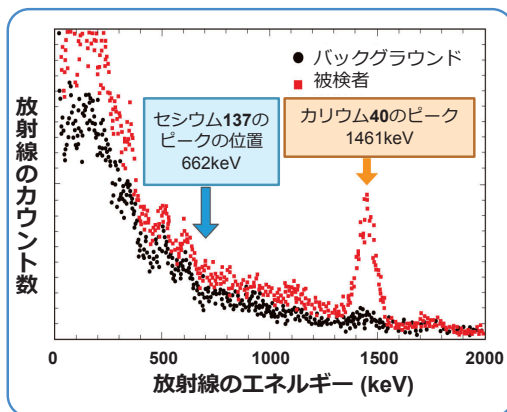
改訂日：2015年3月31日

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**1kg**あたり**2g**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（ガンマ）線エネルギーである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（ガンマ）線であることがわかります。なお、セシウム137のγ（ガンマ）線エネルギーは662キロ電子ボルト（keV）です。

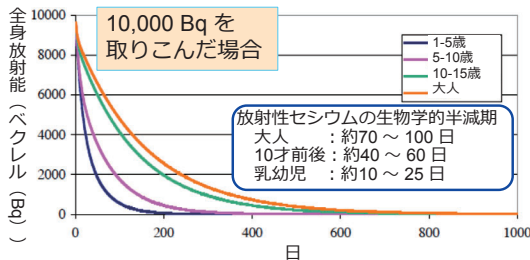
カリウムは生物に必須な元素ですが、全体のカリウムのうちの約0.01%が放射性のカリウムです。放射性カリウムは主に細胞の水分の中に含まれていて、筋肉中には存在しますが、水分をほとんど持たない脂肪細胞にはほぼ含まれていません。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

線量測定と計算

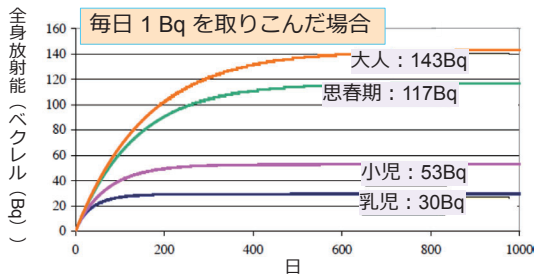
体内放射能と線量評価



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
- ・子どもは半年程度まで



若年のほうが滞留量が少ない

経口追加被ばくの推定は

- ・子ども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方が合理的

出典：宮崎、日本放射線安全管理学会シンポジウム（平成24年（2012年）6月29日）発表資料より改変

ホールボディカウンタでは、測定日当日の体内放射エネルギー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、一時的に多くのセシウムを体内に取り込んでも、実効半減期により1年程度を過ぎると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。

一方、子ども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、代謝の早い子ども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、いつ摂取したのかなどをふまえて、適切な仮定とモデルが必要となります。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2014年3月31日

：2015年3月31日