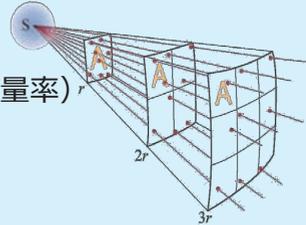


- 1) **距離** : 線量率は距離の2乗に反比例

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

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、放射線の強さは、放射線を出しているものから近ければ強く、遠ければ弱くなります。放射性物質が1箇所にあるのであれば、距離の2乗に反比例して放射線量は弱くなります。

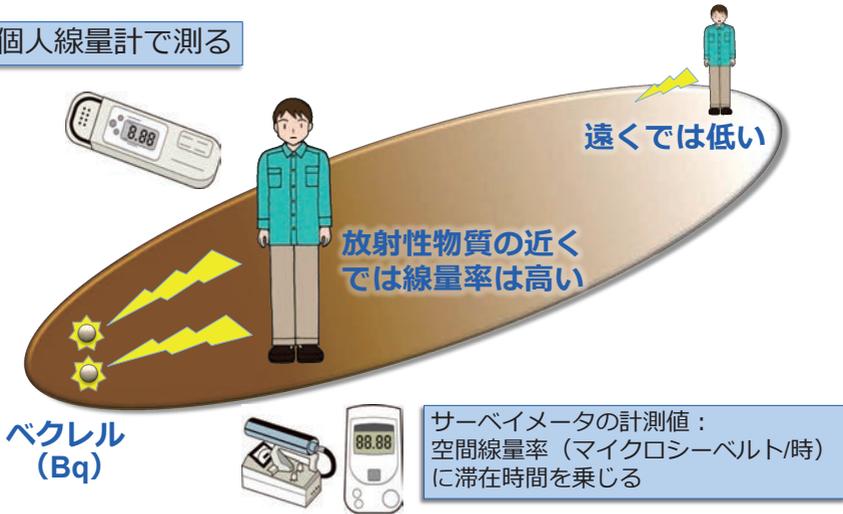
外部被ばく線量を計算するときには、放射能の強さを表すベクレルからではなく、人体が受けた放射線の量 (グレイあるいはシーベルト) から計算します。

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 : 平成 25 年 3 月 31 日

改訂日 : 平成 27 年 3 月 31 日

個人線量計で測る

ベクレル
(Bq)サーベイメータの計測値：
空間線量率（マイクロシーベルト/時）
に滞在時間を乗じる

外部被ばくによる線量を計測するには2つの方法があります。

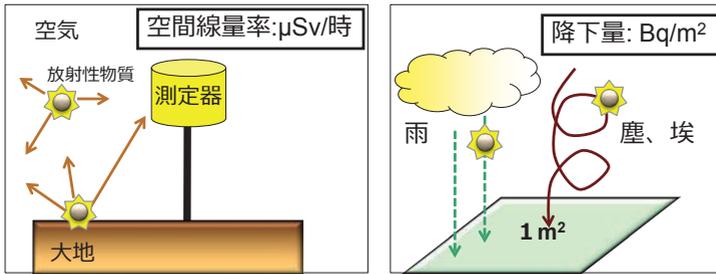
一つ目は計測器で作業する場の空間放射線量率を計測する方法です。空間線量率は、その場に人がいたらどのくらい γ （ガンマ）線による被ばくを受けるかを測った値です。体の外からの α （アルファ）線や β （ベータ）線は体内にまでは届きませんので（上巻 P22、「透過力と人体での影響範囲」）、外部被ばくの線量測定としては γ 線を測定します。最近の計測機器は、1時間当たりのマイクロシーベルトで表示されるものが多いので、この測定値にその場にいた時間を乗じて、被ばく量を計算します。ただし NaI (TI) シンチレーション式サーベイメータのように適切な性能を持ち、校正されている機器を用いるようにします。

もう一つの方法は、個人線量計を装着して計測する方法です。個人線量計では、長時間に受ける放射線の積算量の計測が可能です。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 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。大地に含まれている自然由来の放射性物質からの γ 線や宇宙からの γ 線も含まれた値です。

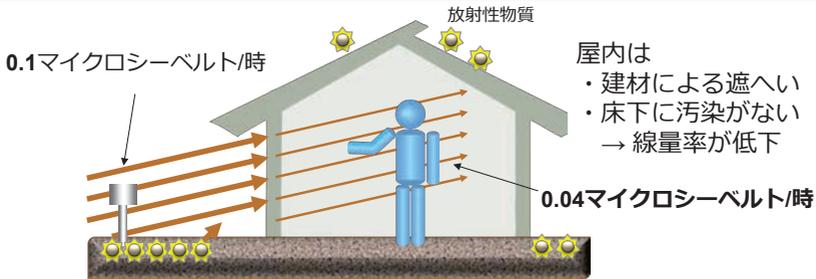
空間線量率は、人間がその場所に1時間立っていた場合に、 γ 線をどれくらい被ばくするかを表しています。通常、測定器は地上1mくらいの高さに置かれることが多いのですが、これは大人の場合この高さ重要な臓器があるからです。

降下物中の放射エネルギーは、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：平成25年3月31日

改訂日：平成27年3月31日

遮へいと低減係数



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」（昭和55年6月（平成22年8月一部改訂））

空間線量率を測定する適切なサーベイメータ（上巻P43、「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、建築物による遮へいや床下に汚染がないことを考慮し、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。

低減係数は建築の種類によって違います。例えば、木造家屋は外からの放射線の約6割を低減します。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。また放射性物質が主に土壌表面上にある場合は、高層階になるに従い、土壌からの距離が離れるので、放射線量も少なくなります。

本資料への収録日：平成25年3月31日

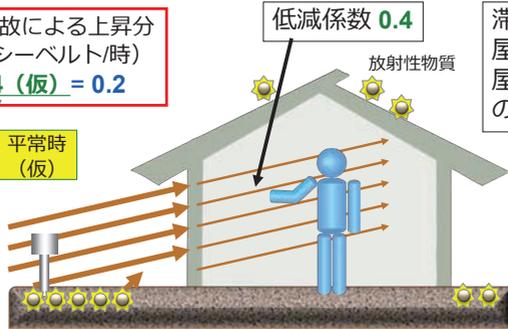
改訂日：平成27年3月31日

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
0.24 - 0.04（仮） = 0.2

実測値
（例）

平常時
（仮）



滞在時間
屋外 **8時間**
屋内 **16時間**
の場合

$$\begin{aligned} & 0.2 \times 8 \text{時間（屋外の方）} \\ & + \\ & 0.2 \times 0.4 \times 16 \text{時間（屋内の方）} \\ \hline & \text{（マイクロシーベルト/日）} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times 365 \text{日} \doteq 1,100 \text{マイクロシーベルト/年} \\ & \doteq \underline{1.1} \text{ミリシーベルト/年} \end{aligned}$$

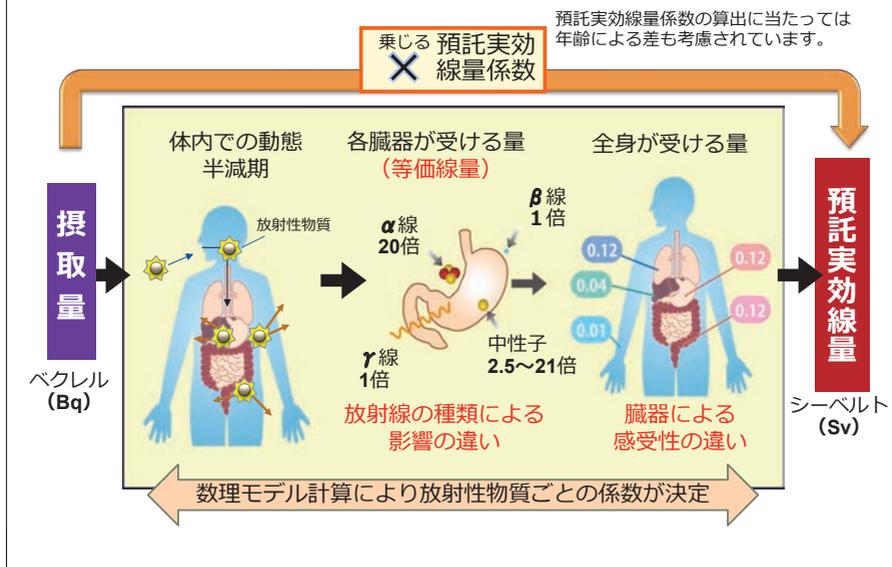
サーベイメータで計測される空間線量率には、自然界からのγ（ガンマ）線も含まれています。もし東京電力福島第一原子力発電所事故による放射線量のみを算出する場合は、今実測される空間線量率から、東京電力福島第一原子力発電所事故前の計測値（バックグラウンド値）を引き、事故による上昇分を求めます。事故前の値は、ウェブサイト「日本の環境放射能と放射線（<http://www.kankyo-hoshano.go.jp>）」で調べることができます。

こうして屋外と屋内の空間線量率が分かれば、それぞれに、屋外で過ごす時間や屋内で過ごす時間を乗じて、1日分の被ばく線量や1年分の被ばく線量を求めることができます。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 年 3 月 31 日

内部被ばく線量の算出



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由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由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。さらに大人か、子供か、赤ちゃんかによっても、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、数理モデル計算を行い、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 P50、「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。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

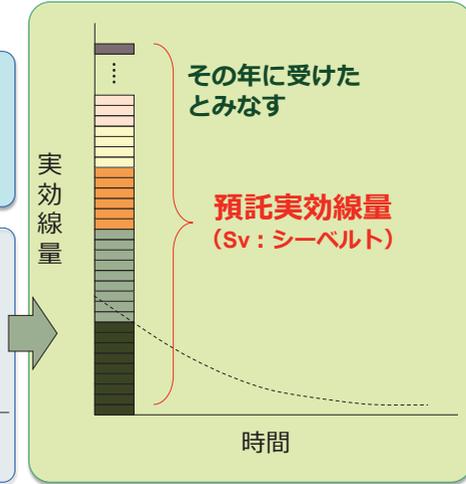
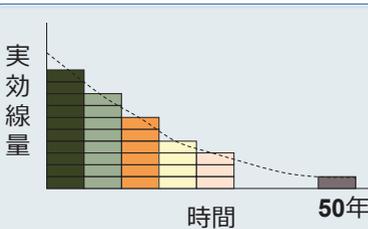
改訂日：平成 27 年 3 月 31 日

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P32、「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：平成25年3月31日

改訂日：平成27年3月31日

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：平成25年3月31日

改訂日：平成27年3月31日

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

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

$$= 0.00065 \text{ mSv}$$



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）
Database of Dose Coefficients CD-ROM, 1998

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。

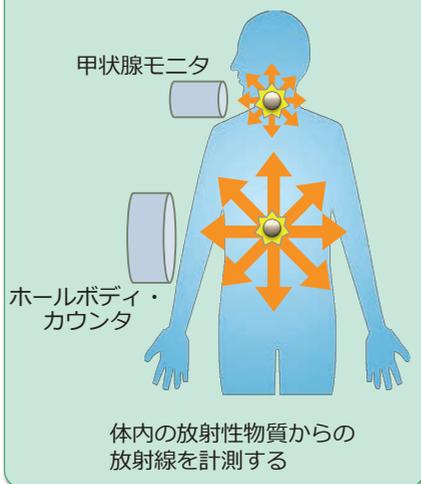
1 kg 当たり 100 ベクレルのセシウム 137 を含んだ食品を 0.5kg 食べたとします。実際に口に入ったセシウム 137 の量は、50 ベクレルになります。この量に実効線量係数を乗じることで、預託実効線量（上巻 P50、「預託実効線量」）を求めることができます。

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。

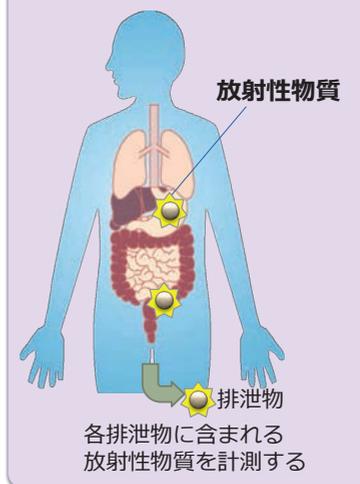
本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 年 3 月 31 日

体外測定法



バイオアッセイ

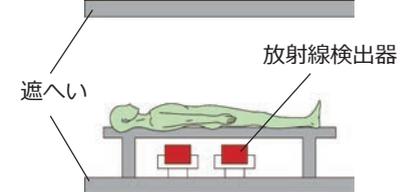


内部被ばく線量の計算に必要な摂取量の推定には、体の中から出てくる γ （ガンマ）線を直接測る体外計測法と、尿や便の中にある放射性物質の量を測るバイオアッセイを用いる方法があります。

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）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 P49、「内部被ばく線量の算出」）から計算し、摂取量を求めます。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 年 3 月 31 日

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、便等）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	化学分析に時間が掛かる
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、また体調や飲食物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。

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：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 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。

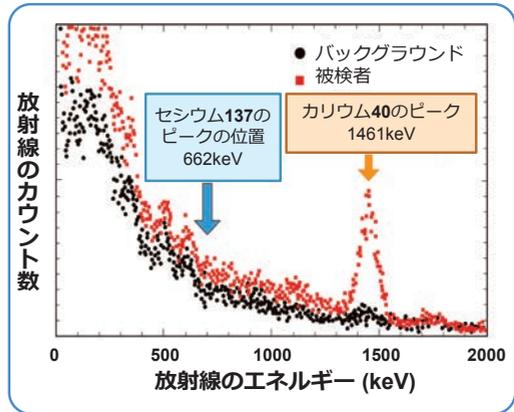
放射性セシウムは、体の至る所に分布しますので、体内量の計測にはホールボディ・カウンタが使われます。一方、放射性ヨウ素による内部被ばくが疑われる場合には、甲状腺モニタが用いられます。これは、ヨウ素は甲状腺に蓄積するため、首の甲状腺のある部分に放射線検出器を当てて、そこから出てくる γ 線を測るものです。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 年 3 月 31 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

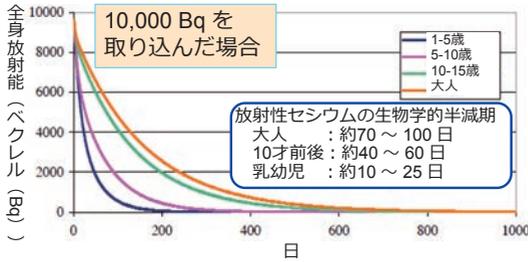
ホールボディ・カウンタで体内から出てくる放射線を測定すると、核種ごとに放射能を定量評価することができます。

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：平成25年3月31日

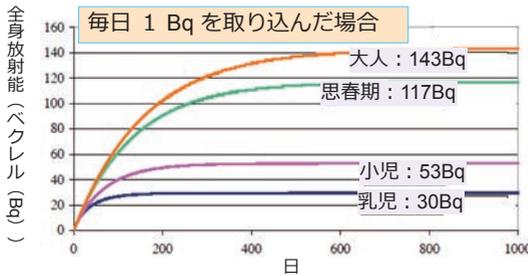
改訂日：平成27年3月31日



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（平成24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 P56、「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量の推定は半年程度、慢性的内部被ばく量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ほう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。

本資料への収録日：平成25年3月31日

改訂日：平成27年3月31日

自然放射線
(日本)宇宙から
0.3mSv食物から
0.99mSv空気中の
ラドンから
0.48mSv大地から
0.33mSv自然放射線による年間線量 (日本平均) 2.1mSv
自然放射線による年間線量 (世界平均) 2.4mSv東京～ニューヨーク
航空機旅行 (往復) 0.11～
0.16mSv人工
放射線胸部CT検査
(1回) 2.4～
12.9mSv

胸部X線検査 (1回) 0.06mSv

mSv : ミリシーベルト

出典 : 国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告、
原子力安全研究協会「新สิ่งแวดล้อม放射線 (平成23年)」、ICRP103 他より作成

日常生活をする中で、私たちは知らず知らずのうちに放射線を受けています。

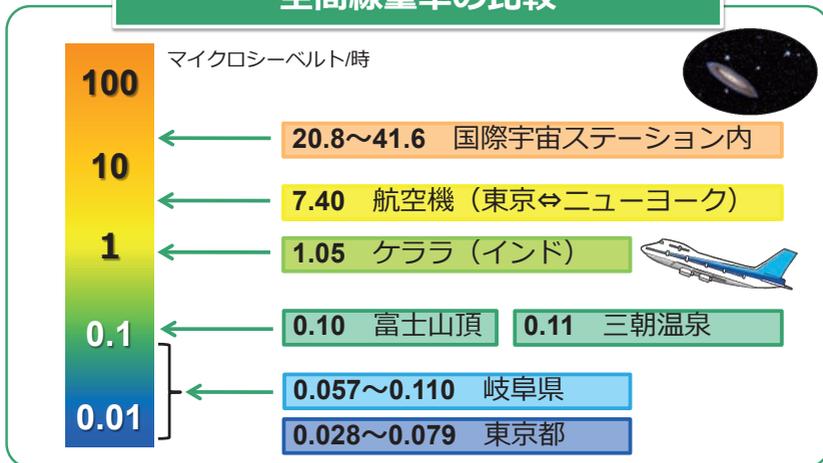
宇宙から、そして大地から受ける自然放射線による外部被ばくや、食物や空気中のラドン等、自然由来の放射性物質から受ける内部被ばくは、合計すると年間で世界平均では2.4ミリシーベルト、日本平均では2.1ミリシーベルトになります(上巻P60、「年間当たりの被ばく線量の比較」)。

また日本では放射線検査等で受ける医療被ばくの割合が大きいことが知られています。これは一回の検査当たりの被ばく量が多いCT検査が広く普及していることや胃がん検診で上部消化管検査が行われているためと考えられています。

本資料への収録日 : 平成 25 年 3 月 31 日

改訂日 : 平成 27 年 3 月 31 日

空間線量率の比較



出典：JAXA宇宙ステーションきぼう広報・情報センターサイト「放射線被ばく管理」2013、放射線医学総合研究所ウェブサイト「航路線量計算システム (JISCARD)」、放射線医学総合研究所ウェブサイト「環境中の空間ガンマ線量調査」、古野、岡山大学温泉研究所報告、51号、P25-33、1981、原子力規制委員会放射線モニタリング情報 (モニタリングポストの過去の平常値の範囲) より作成

宇宙空間や航空機内では、銀河や太陽からの宇宙線により、空間線量率が高くなります。また富士山のような標高が高い所でも、標高の低い所に比べると宇宙線の影響を強く受けるので、空間線量率が高くなります。標高の低い所では、大気に含まれる酸素原子や窒素原子と宇宙線 (放射線) が相互作用を起こしてエネルギーを失い、地表に到達する放射線の量が少なくなるため、空間線量率は低くなります。

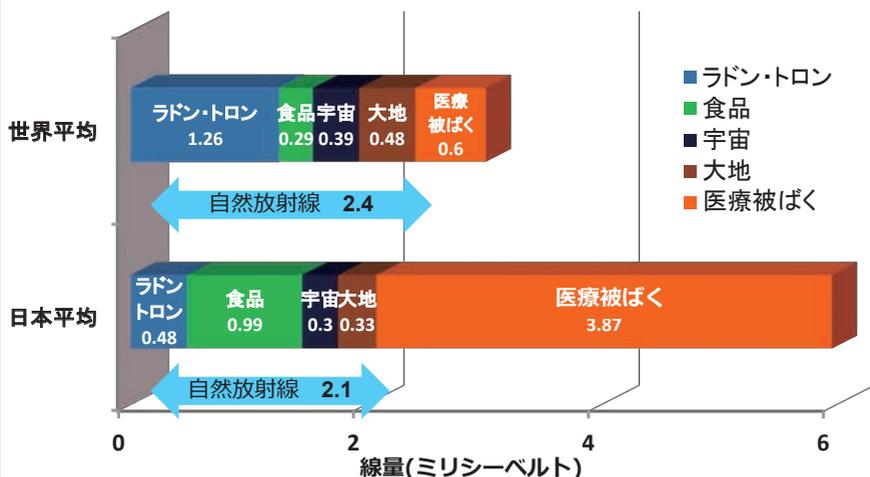
人間の生活空間のほとんどの場所の空間線量率は、1時間に0.01から1マイクロシーベルトの範囲ですが、中には、土壤にラジウムやトリウムといった放射性物質を多く含むため、自然放射線レベルが高い地域があります。こうした地域を高自然放射線地域と呼びます (上巻 P62、「大地の放射線 (世界)」)。

日本には高自然放射線地域と呼ばれる場所はありませんが、ラドン温泉で有名な三朝温泉のように、土壤にラジウムを多く含んでいる場所では、若干空間線量率が高くなっています。逆に、関東ローム層で覆われた関東平野では、大地からの放射線が遮へいされ、空間線量率は低い傾向にあります (上巻 P63、「大地の放射線 (日本)」)。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 年 3 月 31 日

日常生活における被ばく（年間）



出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告、
（公財）原子力安全研究協会「生活環境放射線」（平成23年）より作成

平成 23 年 12 月に、（公財）原子力安全研究協会は 20 年ぶりに、日本人の国民線量を発表しました。調査の結果、1 年間に受ける日本人の平均被ばく線量は 5.97 ミリシーベルトであり、そのうち 2.1 ミリシーベルトが自然放射線からの被ばくであると推定されています。

自然放射線の内訳を世界平均と比較すると、ラドン 222 及びラドン 220（トロン）からの被ばくが少なく、食品からの被ばくが多いという特徴があります。今回の取りまとめにより、日本人は魚介類の摂取量が多いため、食品中の鉛 210 やポロニウム 210 からの被ばくが 0.80 ミリシーベルトと世界平均と比較して多いことが明らかにされました（上巻 P61、「自然からの被ばく線量の内訳（日本人）」）。

放射線検査による被ばく線量は個人差が大きいのですが、平均すると日本人の被ばく量は極めて多いことが知られています。特に CT 検査が占める割合が大きくなっています。

なお、上記の国民線量の算定では、東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所事故の影響は考慮されていません。今後は、これまでの平常時の被ばく線量に、東京電力福島第一原子力発電所事故による被ばく線量を加算されることになると考えられます。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 年 3 月 31 日

被ばくの種類	線源の内訳	実効線量 (ミリヘルト/年)
外部被ばく	宇宙線	0.3
	大地放射線	0.33
内部被ばく (吸入摂取)	ラドン222（屋内、屋外）	0.37
	ラドン220（トロン）（屋内、屋外）	0.09
	喫煙（鉛210、ポロニウム210等）	0.01
	その他（ウラン等）	0.006
内部被ばく (経口摂取)	主に鉛210、ポロニウム210	0.80
	トリチウム	0.000082
	炭素14	0.01
	カリウム40	0.18
合 計		2.1

出典：（公財）原子力安全研究協会「生活環境放射線」（平成23年）

この表では、鉛210とポロニウム210による経口摂取が日本人の内部被ばくの大きな割合を占めることを示しています。鉛210とポロニウム210は、大気中のラドン222が次の過程を経て生成されます。それらが地表に沈着あるいは河川や海洋に沈降して食物を通じて人間の体内に取り込まれることとなります。

ラドン222（半減期約3.8日）→ポロニウム218（半減期約3分）→鉛214（半減期約27分）→ビスマス214（半減期約20分）→ポロニウム214（半減期約 1.6×10^{-4} 秒）→鉛210（半減期約22年）→ビスマス210（半減期約5日）→ポロニウム210（半減期約138日）

日本人が欧米諸国に比べて食品からの被ばく線量が高い理由としては、魚介類を多く摂取する日本人の食生活が関係しています。魚介類にはポロニウム210が多く含まれているため、その分、実効線量が大きくなっています。

一方、日本人でラドン222及びラドン220（トロン）による被ばくが少ない理由としては、日本家屋は通気性が良く、地中から屋内に侵入したラドン222及びラドン220（トロン）が速やかに屋外に拡散するためと考えられています。

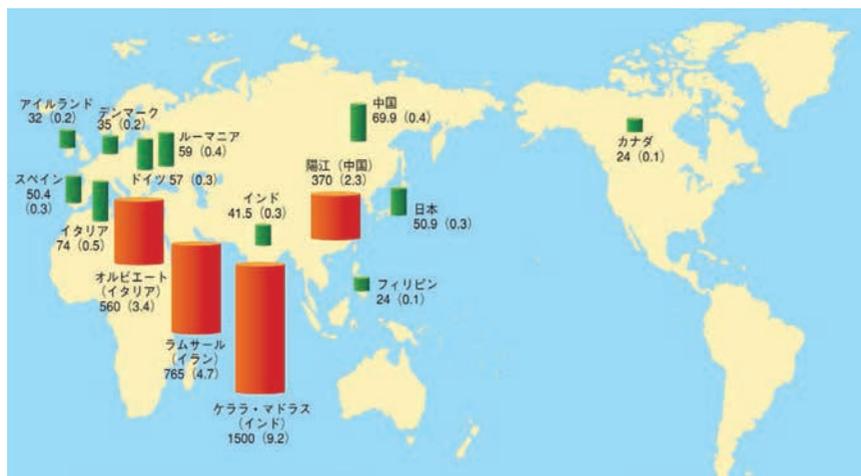
ラドン222及びラドン220（トロン）の吸入摂取による内部被ばくについては上巻P65、「ラドン及びトロンの吸入における内部被ばく」で説明します。

本資料への収録日：平成25年3月31日

改訂日：平成27年3月31日

ナノグレイ/時（ミリシーベルト/年）

実効線量への換算には0.7シーベルト/グレイを使用



出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告書、
（公財）原子力安全研究協会「生活環境放射線」（平成23年）より作成

世界には、中国の陽江（ヤンジャン）、インドのケララ、イランのラムサル等、日本より2倍から10倍程度自然放射線が高い地域があります。こうした地域で自然放射線レベルが高い原因は、ラジウムやトリウム、ウラン等の放射性物質が土壤中に多く含まれることが挙げられます。

これまで高自然放射線地域として有名であったブラジルのガラパリは都市化によるアスファルト舗装の結果、空間線量率が減少したと報告されています。

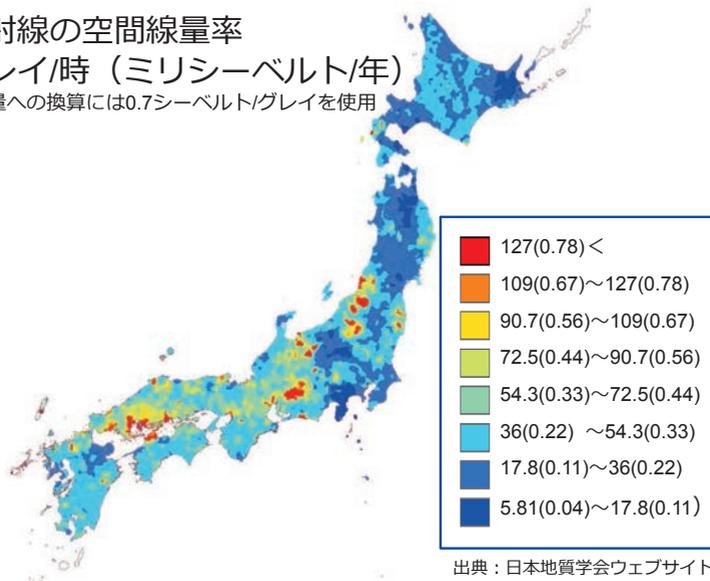
中国やインドにおける疫学調査等から、これまでのところ、これらの地域では、がんの死亡率や発症率の顕著な増加は報告されていません（上巻P106、「低線量率長期被ばくの影響」）。ラムサルでは、がんリスクに関する解析が現在進められています。

本資料への収録日：平成25年3月31日

改訂日：平成27年3月31日

自然放射線の空間線量率 ナノグレイ/時（ミリシーベルト/年）

・実効線量への換算には0.7シーベルト/グレイを使用



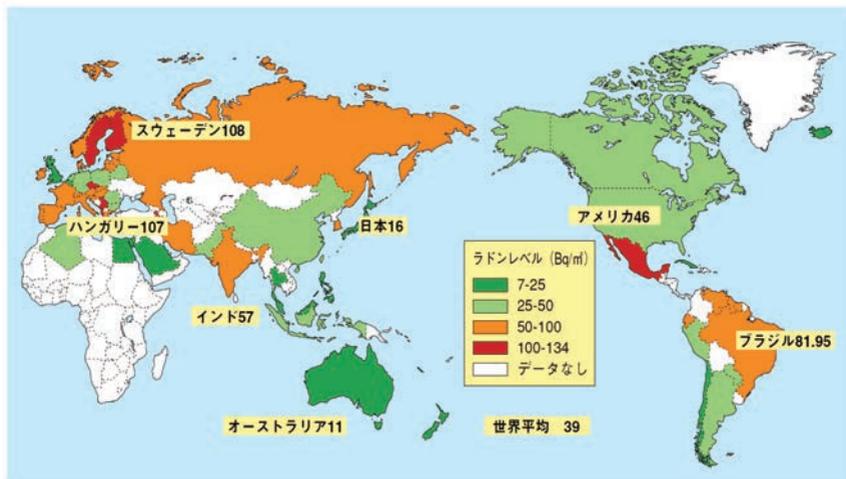
出典：日本地質学会ウェブサイトより

日本国内でも、大地からの放射線量が高い所と低い所があります。県単位で比較すると空間線量率は、最も高い岐阜と最も低い神奈川では年間 0.4 ミリシーベルトの差があるといわれています。

関東ローム層が大地からの放射線を遮へいする関東平野では、概して大地からの放射線量は少なくなっています。一方、花崗岩には、ウラン、トリウム、カリウム等の放射性核種が比較的多く含まれていることから、花崗岩が直接地表に露出している場所が多い西日本では、東日本より 1.5 倍ほど大地からの放射線量が高い傾向があります。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 年 3 月 31 日

屋内ラドンからの被ばくの地域差 (算術平均 Bq/m^3)

Bq/m^3 : ベクレル/立方メートル

出典 : 国連科学委員会(UNSCEAR) 報告書より

ラドンは、地下に広く存在するラジウムがアルファ壊変することにより発生する放射線の希ガスです。気体であることから、地中から出て家屋の中にも入り込みます(上巻 P65、「ラドン及びトロン吸入による内部被ばく」)。

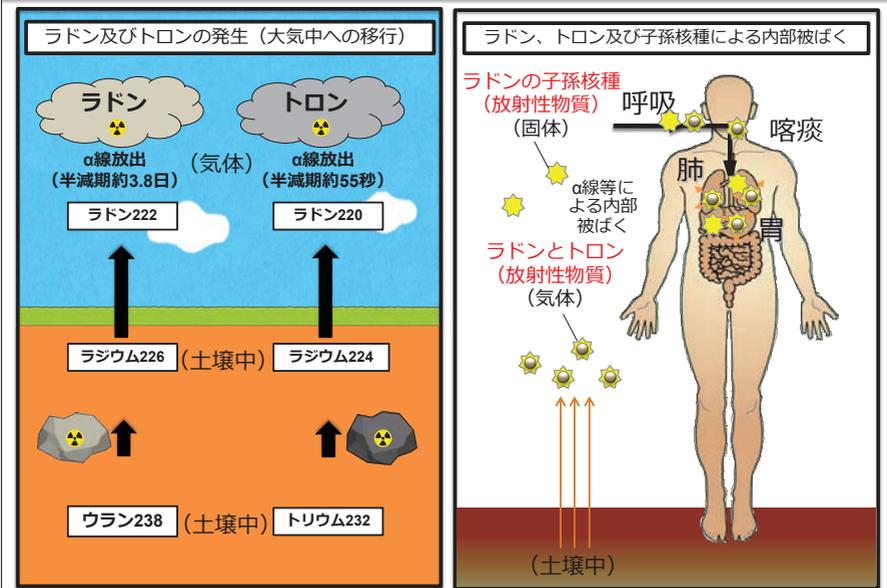
ヨーロッパのような石作りの家で生活する地域では、屋内ラドン濃度が高くなり、結果、被ばく線量が高くなる傾向にあります。

屋内ラドン濃度の世界平均は、1立方メートル当たり39ベクレルですが、日本では16ベクレルです。屋内ラドンからの内部被ばく量にも、大きな地域差が存在しています。

本資料への収録日 : 平成 25 年 3 月 31 日

改訂日 : 平成 27 年 3 月 31 日

身の回りの放射線 ラドン及びトロン吸入による内部被ばく



ラドン（ラドン 222）及びトロン（ラドン 220）はラジウム鉱石が放射性壊変をした際に発生する気体状の放射性物質で、呼吸によって人体に取り込まれます。ラドンは、ウランから始まる壊変（ウラン系列）で生成したラジウム 226 が壊変したもの、トロンはトリウム 232 から始まる壊変（トリウム系列）で生成されたラジウム 224 が壊変したものです。半減期はそれぞれ、ラドンが約 3.8 日、トロンは約 55 秒です。

また、天然に存在する放射線による被ばくの中では、ラドン及びその子孫核種による被ばくの割合が一番大きいといわれています。

ラドン及びトロンは地面や建材等から空気中に拡散するため、私たちは普段の生活において日常的にラドン及びトロンを吸い込んでいます。呼吸によって吸い込まれたラドンは肺に到達し、α（アルファ）線を放出するため、肺への内部被ばくが問題となります。体内に吸い込まれたラドンは更に壊変して子孫核種となり、肺や、喀痰と共に食道から消化器官に移行して内部被ばくをもたらします。

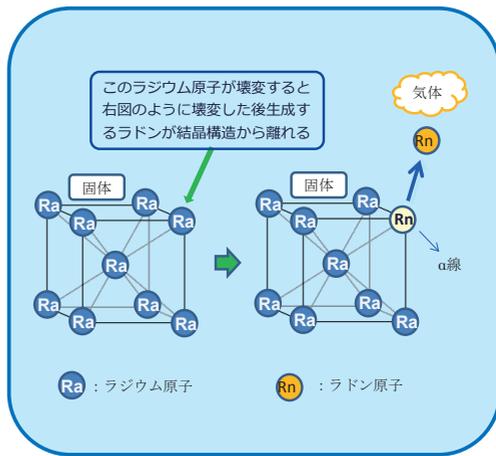
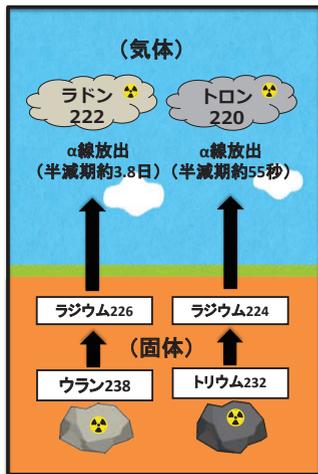
ラドンとその子孫核種では、内部被ばくの寄与はラドンからは小さく、ラドンから壊変した子孫核種のほうが大きくなります。これは、ラドンは気体であるため、吸い込んだとしてもすぐ呼吸と共に排出されやすいのに対し、ラドンの子孫核種である放射性のポロニウム 218 や更に壊変した鉛 214 等は固体状であるため、一旦吸い込むと、肺胞や気管支壁面に付着し、体外に排出されにくいことが原因です。

本資料への収録日：平成 27 年 3 月 31 日

改訂日：平成 28 年 3 月 31 日

身の回りの放射線 固体のラジウムから気体のラドンの生成

固体のラジウムがいきなり気体のラドンになるのは不思議な感じがするかもしれませんが、それは、原子核反応によって原子が変わるために起こることです。



放射性物質であるラジウムは常温常圧下で右図に示すような体心立方という結晶構造で固体として存在しています。

ラジウムが壊変すると、 α （アルファ）線を放出し、ラドンに変わります。

ラドンはヘリウムやネオンと同じように化学的には安定な元素です。化学的に安定しているということは、他の元素と反応して化合物を作ることがなく、ラドンのまま安定して存在するということを意味しています（不活性元素）。またラドンは、融点が約 -71°C 、沸点が約 -62°C であるため通常の状態では気体として存在します。そこで、結晶構造を作っていたラジウム原子が壊変でラドン原子になると結晶構造から離れて（結晶として結合・束縛されていた力がなくなるため）気体として存在することになります。さらに、ラドンは不活性な気体であるため、地中の物質と反応することなく地面に移行して大気中に出てきます。

本資料への収録日：平成 28 年 3 月 31 日

体内の放射性物質



体重60kgの場合

カリウム40	※1	4,000Bq
炭素14	※2	2,500Bq
ルビジウム87	※1	500Bq
鉛・ポロニウム	※3	20Bq

※1 地球起源の核種

※2 宇宙線起源のN-14由来の核種

※3 地球起源ウラン系列の核種

食品中の放射性物質（カリウム40）の濃度



米 30 牛乳 50 牛肉 100 魚 100 ドライミルク 200 (ほうれん草 200
 ポテトチップス 400 お茶 600 干しいたけ 700 干し昆布 2,000 (Bq/kg)

Bq : ベクレル Bq/kg : ベクレル/キログラム

出典 : (公財) 原子力安全研究協会「生活環境放射線データに関する研究」(昭和58年)より作成

カリウムは生物に必要な元素であり、ほとんどの食品に含まれています。カリウムの0.01%は放射性カリウムであるため、ほとんどの食品には放射性カリウムが含まれています。放射性カリウムは β （ベータ）線と γ （ガンマ）線を放出するため、食品を摂取することで内部被ばくをすることになります（上巻 P70、「目で見る放射線」）。体内のカリウム濃度は一定になるように保たれているため、食品のカリウムからの被ばく量は体格によって決まり、食生活による影響は受けないと考えられています（上巻 P8、「自然由来・人工由来」）。

乾物は、製品の状態で分析された値であり、乾燥による濃度上昇の効果も含まれます。例えば、乾燥により重量が10分の1になれば、濃度は10倍になります。

本資料への収録日：平成25年3月31日

改訂日：平成27年3月31日

検査の種類	診断参考レベル*1	実際の被ばく線量*2	
		線量	線量の種類
一般撮影：胸部正面	0.3mGy	0.06mSv	実効線量
マンモグラフィ (平均乳腺線量)	2.4mGy	2 mGy程度	乳腺線量
透視	透視線量率 25mGy/分	手技により異なる	
歯科撮影	下顎 前歯部1.1mGy から 上顎 大臼歯部2.3mGy まで	2-10μSv程度	実効線量
X線CT検査	成人頭部単純ルーチン85mGy	5-30mSv程度	実効線量
	小児(6~10歳)頭部60mGy		
核医学検査	放射性医薬品ごとの値	0.5-15mSv程度	実効線量
PET検査	放射性医薬品ごとの値	2-20mSv程度	実効線量

*1：医療被ばく研究情報ネットワーク他「最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベル」平成27年6月7日(平成27年8月11日一部修正) (<http://www.radher.jp/J-RIME/>)

*2：放射線医学総合研究所「CT検査等医療被ばくの疑問に答える医療被ばくリスクとその防護についての考え方Q&A」(http://www.nirs.go.jp/rd/faq/medical.shtml#anchor_01)
上記資料*1及び*2に基づき作成

放射線検査による被ばく線量は、検査の種類によって異なります。歯科撮影のように局部的にごく僅かな被ばくをするものもありますし、X線CTや核医学検査等、被ばく線量が比較的高めの検査もあります。また、同一の検査の種類でも、線量は医療機関によって大きな違いがあります。そこで、診断にとって線量が高すぎるかどうかを判断する目安として、診断参考レベルの利用が推奨されています。その医療機関の平均的な放射線量が診断参考レベルと大きくかけ離れている場合、検査における照射条件の見直しを国際放射線防護委員会(ICRP)は考慮すべきとしています。

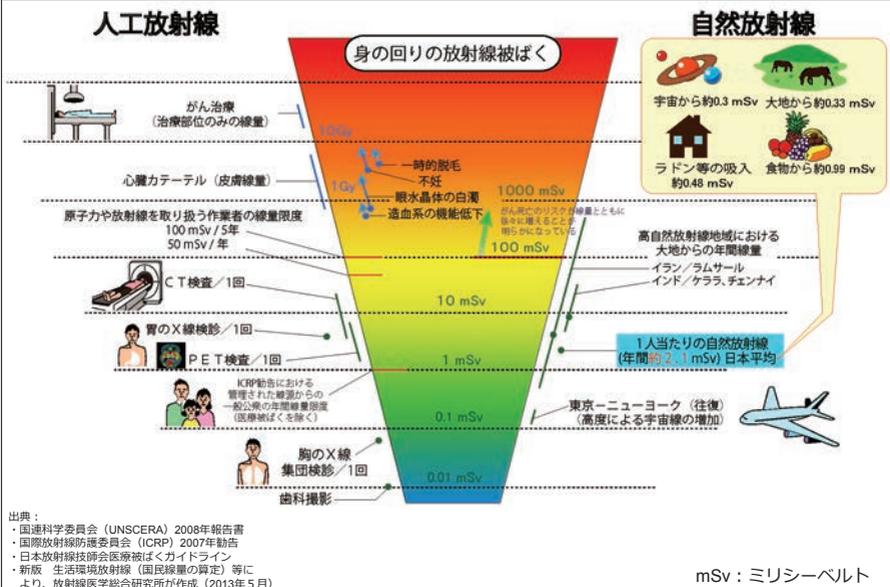
欧米等の諸外国では、診断参考レベルを既に利用している国もあります。日本では日本診療放射線技師会が、診断参考レベル相当の値を独自に取りまとめ平成12年に「医療被ばくガイドライン(低減目標値)」を発行しました。その後、平成18年に、「医療被ばくガイドライン2006」として改訂されています。さらに、医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME)*は、参加団体が実施した実態調査の結果に基づいて、日本で初めて診断参考レベルを策定しました。(医療放射線防護連絡協議会他「最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベル」平成27年6月7日(平成27年8月11日一部修正))

注*：医療被ばく研究情報ネットワーク(Japan Network for Research and Information on Medical Exposures: J-RIME)は、学協会等の協力を得て多くの専門家の力を結集し、医療被ばくに関する国内外の研究情報を収集・共有して、わが国の事情に合致した医療被ばくの防護体系を確立するための活動母体として平成22年に発足しました。J-RIMEの活動目的は、放射線診療における被ばく線量・リスク評価等医療被ばくに関するデータを収集し、我が国の医療被ばくの実態把握を行うと共に、国際的な動向を踏まえて医療被ばくの適切な防護体制を国内に構築する点にあります。(出典：国立研究開発法人 放射線医学総合研究所ウェブサイト、<http://www.nirs.go.jp/rd/structure/merp/j-rime.html>)

本資料への収録日：平成25年3月31日

改訂日：平成28年3月31日

身の回りの放射線 被ばく線量の比較 (早見図)



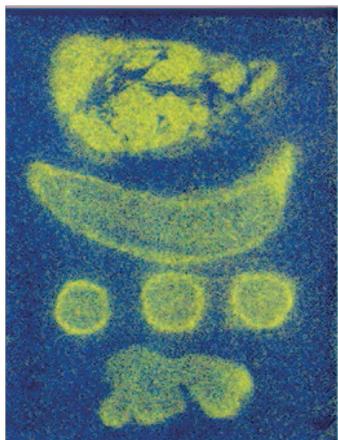
2.5
身の回りの放射線

日常生活で受ける放射線の量を比較すると、放射線治療のような特殊なケースを除き、一回の行為当たりの線量や年間当たりの線量は、ミリシーベルト程度のものがほとんどです (上巻 P68、「診断で受ける放射線量」)。

なお、人への健康影響が確認されている被ばく線量は、100 ミリシーベルト以上であると考えられています。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 年 3 月 31 日



食品からの放射線

- ・主にカリウム40の β (ベータ) 線
- ・カリウム40の天然存在比※は**0.012%**
- ・カリウム40の半減期は **1.26×10^9 年**

※天然に存在するカリウムのうちカリウム40の割合

豚肉、バナナ（縦切り及び横切り）、
ショウガの放射能像

出典：森, 応用物理, 97, No.6, 平成10年

食品に含まれるカリウム 40 からは β (ベータ) 線と γ (ガンマ) 線が放出されています。

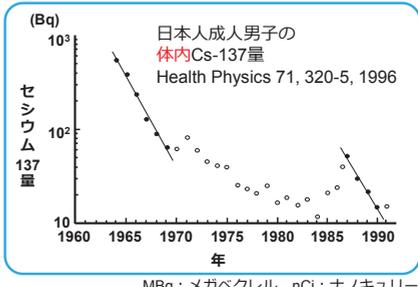
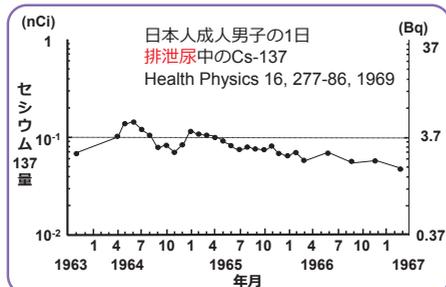
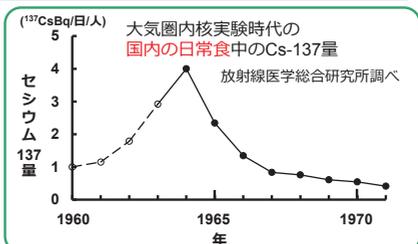
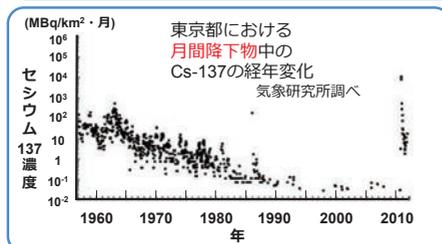
イメージングプレートを利用すると、カリウム 40 からの β 線によってカリウムの分布を調べることができます。

スライドの図は、豚肉、バナナ、ショウガをイメージングプレートの上に置き、外部からの放射線を遮へいた状態で 24 日間露出して得た画像です。豚肉の蛋白質の部分、バナナの皮の部分、ショウガの芽の部分等にかリウムは比較的多く含まれています。豚肉の脂肪の部分にはカリウムがほとんど含まれていないことが分かります。

本資料への収録日：平成 25 年 3 月 31 日

改訂日：平成 27 年 3 月 31 日

体内放射能：体重60kg 加¹⁴C：4,000 Bq (ベクレル) 炭素14：2,500 Bq 比¹³⁷Cs：520 Bq



大気圏核実験が行われていた時代には大量の人工放射性核種が環境中に放出されました。これらの人工放射性核種は気流に運ばれて全世界を取り巻き、大気圏から地球表面に向けて徐々に降下してきました。このような放射性降下物をフォールアウトと呼びます。フォールアウトの量は大気圏核実験が禁止される直前の1963年が最も高く、それ以降減少傾向を示しています。

食品へのセシウム移行や消費等の時間的ずれがあるため、日常食中の放射性セシウムの量は1964年で最大となり、その後1967年までに急速に低下し、それ以降は比較的緩慢に減少してきました。

日常食のセシウムの量と連動して、尿中や体内のセシウム137の量も1964年が最大でした。なお、チェルノブイリ原発事故による影響の結果、日本人の体内からもセシウムの増加が確認されています。

本資料への収録日：平成25年3月31日

改訂日：平成27年3月31日