

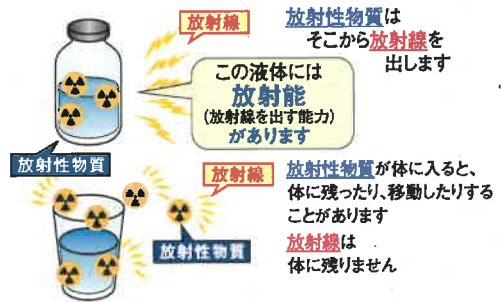
2章

放射性物質の 基礎知識、 健康への影響

放射性物質の影響を考えるには放射能や放射線への理解が重要です。この章では、Bq(ベクレル)やSv(シーベルト)などの単位、放射線の計測方法、放射線の健康への影響などについてまとめています。

放射能・放射線・放射性物質

放射性物質とは放射線を出す物質をいい、放射能とは放射線を出す能力のことをいいます。



懐中電灯に例えてみると、光が放射線、懐中電灯が放射性物質、光を出す能力が放射能に当たります。

放射性物質＝
放射線を出す能力をもつ



懐中電灯＝
光を出す能力をもつ

[図 2-1] 放射能、放射性物質、放射線とは
資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」
消費者庁「食品と放射能 Q & A」2018 年 3 月 8 日(第 12 版)

放射能、放射線、放射性物質はどう違うのでしょうか

「放射線」は、物質を透過する力を持った光線に似たものです。放射線を出す能力を「放射能」といい、この能力を持った物質を「放射性物質」といいます。

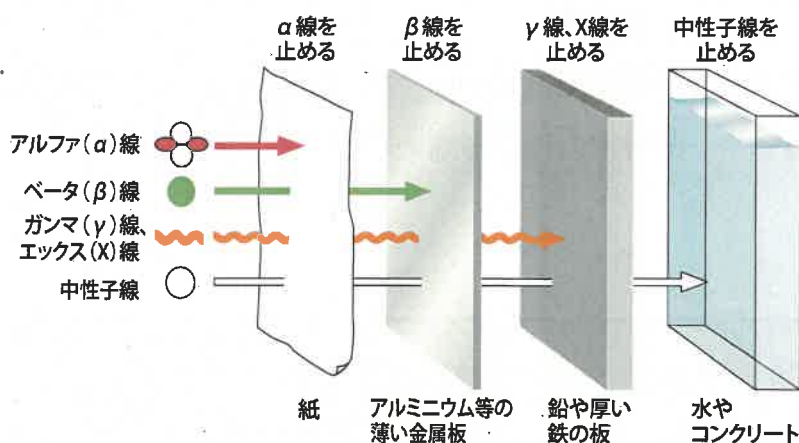
密閉された容器に放射性物質が入っている場合、容器から放射線は出ますが、放射性物質は出てきません。

これらを懐中電灯に例えると、光が放射線、懐中電灯が放射性物質、光を出す能力が放射能にあたります。放射能が大きいほど、放射性物質からたくさんの放射線が出ていることを意味します。体が放射線を受けることを「被ばく」といいますが、その量(被ばく線量)は放射性物質と被ばくする人の位置関係によって変わります。放射線の強さは放射線を出しているものに近ければ強く、遠ければ弱くなります。明るい懐中電灯であっても離れた場所では暗く見えるのと同じです。

放射線の種類と透過力

放射線には、アルファ(α)線、ベータ(β)線、ガンマ(γ)線、エックス(X)線、中性子線などがあります。これらは種類によって物を通り抜ける力が違うため、それぞれ異なる物質を用いることで、放射線を遮ることができます。

アルファ線は空気中を数 cm しか飛ばず、紙 1 枚で止めることができます。ベータ線はエネルギーにもよりますが、空気中で数 m 飛び、プラスチック 1 cm、アルミ板 2~3 mm 程度で止まります。ガンマ線やエックス線はエネルギーによりますが、空気中を数十~数百 m まで飛ぶことがあります。また、中性子線は水やコンクリートなどの水素を含む物質によって遮ることができます(図 2-2)。



種類	分類	エネルギー	透過力
アルファ線	粒子線	強い	低い
ベータ線		↓	
ガンマ線	電磁放射線	弱い	高い
中性子線	粒子線	強い	

[図 2-2] 放射線の種類と透過力

資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」、農林水産省「放射性物質の基礎知識」2012 年 2 月

放射能や放射線の単位

放射能や放射線に関する単位としてよく耳にするものにベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)があります。ベクレルは放射線を出す側に、シーベルトは放射線を受ける側に着目した単位です。

ベクレルは放射線を出す側、シーベルトは受ける側の単位

ベクレルは放射能の単位で、放射線を出す側に着目したものです。土や食品、水道水等に含まれる放射性物質の量を表すときに使われ、ベクレルで表した数値が大きいほど、そこからたくさんの放射線が出ていることを意味します。

一方、シーベルトは人が受ける被ばく線量の単位で、放射線を受ける側、つまり人体に対して用いられます。シーベルトで表した数値が大きいほど、人体が受ける放射線の影響が大きいことを意味します。

放射線を受けた人体にどのような影響が現れるかは、外部か内部か、全身か局所かといった被ばくの様態の違いや、放射線の種類の違い等によって異なります。そ



[図 2-3] ベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)
資料：環境省 放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト

ここで、人の健康への影響の大きさの比較ができるように、どのような被ばくも同じシーベルトという単位で表すようになりました。

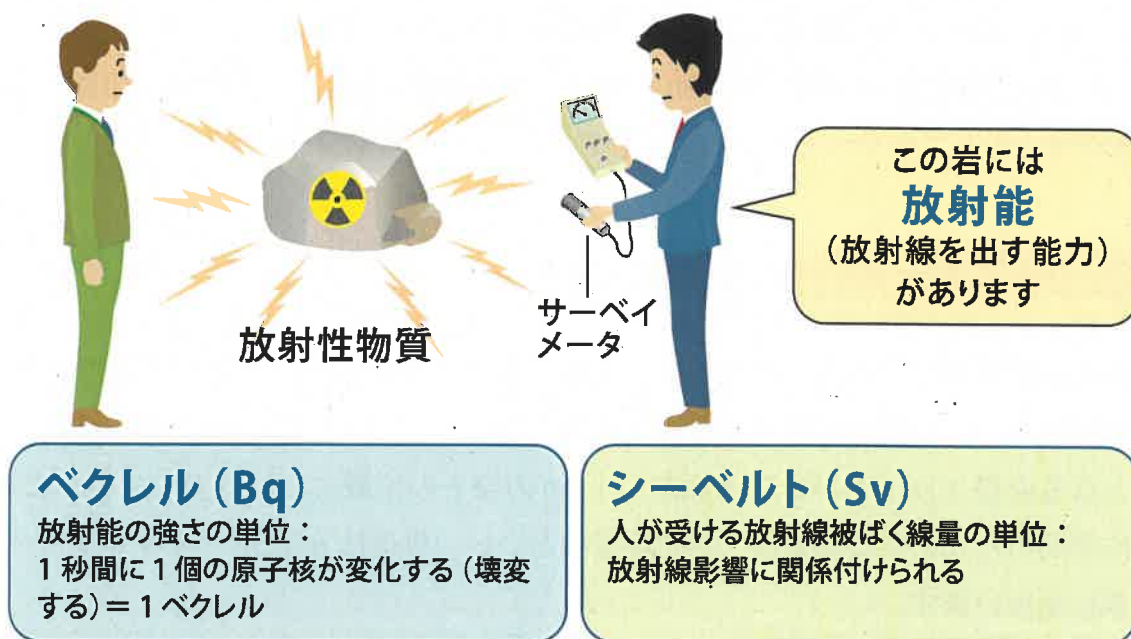
日常生活で受ける放射線の量を表すときは、ミリシーベルト(mSv)やマイクロシーベルト(μ Sv)の単位が多く使われます。1 Svの1,000分の1が1 mSv、1 Svの1,000,000分の1が1 μ Svです。

$$1 \text{ Sv} = 1,000 \text{ mSv} = 1,000,000 \mu\text{Sv}$$

単位間の関係—ベクレル(Bq)、グレイ(Gy)、シーベルト(Sv)

放射線の影響には、ある物質によって吸収された放射線のエネルギーを表すグレイ(Gy)という単位が使われることもあります。グレイは、物体や人体の組織が受けた放射線の強さを表しています。

ベクレルとグレイは物理的な量で、測定することができる単位ですが、シーベルトは、放射線による人体への影響の大きさを表すための単位で、本来直接測定することができません。人の放射線防護の目的で導き出された特殊な単位であるため、放射線を受けた対象が人である場合にしか用いません。



[図 2-4] 放射線と放射能の単位

資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

実効線量と空間線量率、放射線単位間の関係、単位の換算

生体影響の単位であるシーベルト(Sv)は、物理的に測定できるベクレル(Bq)とグレイ(Gy)に係数を掛けて計算します。

吸収線量、等価線量、実効線量

放射線が人体を通ったときに吸収する重量当たりのエネルギーを「吸収線量(単位:Gy)」といいます。

放射線は、種類やエネルギーの強さにさまざまなものがあるため、同じ吸収線量でも人体に与える影響の大きさが変わります。そこで放射線の種類ごとに設定されている係数(放射線加重係数)を吸収線量に掛けて、臓器や組織ごとに「等価線量(単位:Sv)」を算出します。

さらに、人間の臓器や組織は放射線の感受性がそれぞれ異なることから、臓器や組織ごとに設定されている係数(組織加重係数)を等価線量に掛け、人体の各組織が受けた影響を合計して全身分として換算します。これを「実効線量(単位:Sv)」といいます。

空間線量率と預託実効線量

実効線量は測定できないため、外部被ばく管理のためには、実際に測定できる量(実用量)として、周辺線量当量(空間線量)が用いられます。空間線量は、人の代わりとなる直径30cmの球体の表面から1cmの深さの位置における線量で表します。単位時間当たりの空間線量は、空間線量率といい、単位は $\mu\text{Sv/h}$ (マイクロシーベルト/時)を用います。

また、内部被ばく管理のためには、体内に摂取された放射性物質によって、将来50年にわたり(子供の場合は摂取時から70歳になるまで)どのくらい被ばくするかを推定する「預託実効線量(単位:Sv)」が用いられます。

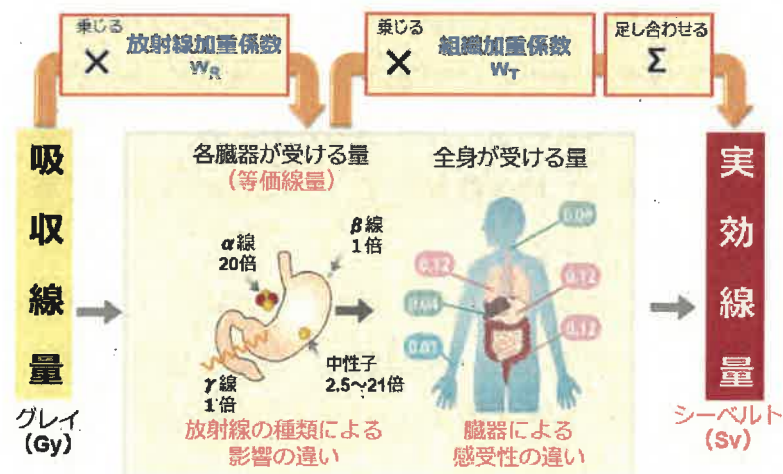
内部被ばく時の放射能(Bq)から預託実効線量(Sv)への換算

放射性物質の放射能(Bq)から預託実効線量(Sv)へは実効線量係数※を用いて換算することができます。

例えば、放射性Cs-137が、100 Bq/kg 検出された飲食物を成人が1 kg 食べた場合の将来50年間の内部被ばく量は次のように換算します。

$$100(\text{Bq/kg}) \times 1(\text{kg}) \times 1.3 \times 10^{-5} \text{ ※} = 0.0013 \text{ mSv}$$

※実効線量係数(mSv/Bq)：放射性物質の種類(核種)や摂取経路、年齢区分(成人・幼児・乳児)ごとに、放射性物質の半減期や体内での動き、放出する放射線の種類とエネルギーなどから決められています。上の例では、原子力安全委員会の指針で示された数値(経口摂取、成人)を用いています。この場合、放射性Cs-137の係数は 1.3×10^{-5} 、放射性Cs-134は 1.9×10^{-5} です。



[図2-5] グレイ(Gy)からシーベルト(Sv)への換算

資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

$$\text{食品中の放射性物質から受ける追加線量 (mSv(ミリシーベルト))} = \text{食品中の放射性物質の濃度 (Bq(ベクレル)/kg)} \times \text{食品摂取量 (kg)} \times \text{実効線量係数}$$

■実効線量係数の例(経口摂取) (mSv/Bq)

	0歳	～2歳	～7歳	～12歳	～17歳	18歳～
ヨウ素131	0.00018	0.00018	0.00010	0.000052	0.000034	0.000022
セシウム134	0.000026	0.000016	0.000013	0.000014	0.000019	0.000019
セシウム137	0.000021	0.000012	0.0000096	0.000010	0.000013	0.000013
トリチウム	0.00000064	0.00000048	0.00000031	0.00000023	0.00000018	0.00000018
カリウム40	0.000062	0.000042	0.000021	0.000013	0.0000076	0.0000062

出典：国際放射線防護委員会(ICRP)「Publication 72」(1996)、食品安全委員会「食品中の放射性物質の食品健康影響評価について」

※実効線量係数は、放射性物質の種類(核種)や影響を受ける方の年齢、摂取経路ごとに示されています。

※内部被ばくと外部被ばく(7ページ参照)ではBqとSvの換算係数が異なるため、外部被ばくによる影響を計算する場合には、上記の係数は使用できません。

[図2-6] 実効線量係数の例(経口摂取)

資料：消費者庁「食品と放射能Q&A」2018年3月8日(第12版)

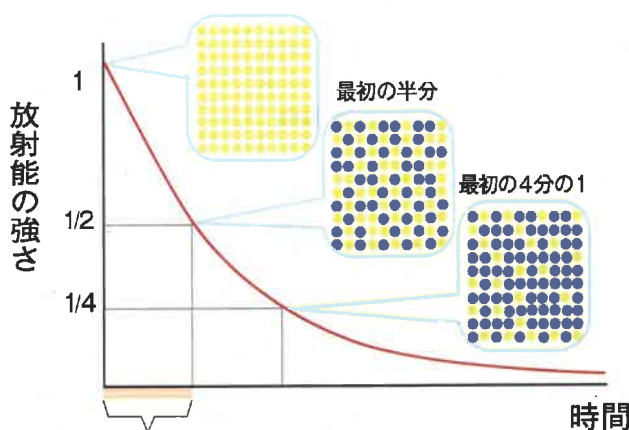
放射性物質の半減期

放射能は、時間の経過とともに小さくなって(減衰して)いく性質を持っており、放射能が半分になるまでの時間を「半減期」と呼びます。その減る原理の違いによって「物理学的半減期」と「生物学的半減期」に分けられます。

時間の経過とともに小さくなっていく放射能

放射性物質は、放射線を放出して放射線を出さない安定した物質に変わっていきます。そのため、原発事故で拡散した放射性物質は自然界に永遠に残るものではなく、次第に少なくなっていきます。こうして放射能が弱まり、はじめの半分になるまでの時間を「物理学的半減期」と呼びます。

半減期分の時間が経過するたびに放射能が半分となるため、半減期の2倍の時間が経過すると、最初の状態の4分の1に減ります。半減期は、放射性物質の種類によって異なります。例えばヨウ素131の半減期は約8日、Cs-134は約2年、Cs-137は約30年です(図2-7)。



放射性物質の量が半分になる時間
= (物理学的) 半減期

放射性物質の種類	物理学的半減期
ヨウ素131	8.0日
コバルト60	5.3年
セシウム134	2.1年
セシウム137	30年
カリウム40	12.8億年
ラジウム226	1600年
プルトニウム239	2.4万年
ウラン238	45億年

[図2-7] 物理学的半減期
資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」
環境省 HP「放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト」

放射性セシウムは体内に取り込まれても排出される

食品などと一緒に生物の体内に取り込まれた放射性物質が代謝や排泄などによって体外に排出されて半分になるまでの時間を「生物学的半減期」と呼びます。

放射性セシウムは、カリウムと似た性質を持つため、体内に取り込まれやすいのですが、同時に排泄されやすい性質も持っています。大人の場合、取り込まれた放射性セシウムの量が半分になるのに掛かる日数は約 70～100 日だといわれています。子どもは代謝が早く、放射性セシウムを摂取したとしても、5～10 歳くらいの子どもの場合は 30 日ほどで半分になります。



[図 2-8] 生物学的半減期
資料：環境省 HP「放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト」

体内の放射性物質が半分に減る期間

体内の放射性物質の物理学的減衰と生物学的減少は並行して進みます。この両者を考慮した正味の半減期を「実効半減期」と呼んでいます。例えば、50 歳の方が、物理学的半減期が約 30 年と長い Cs-137 を体内に取り込んだとしても、約 3 か月でその半分は体外に排出されると考えられます。

	対象	物理学的半減期	生物学的半減期	実効半減期
Cs-137	～1 歳	約 30 年	9 日	約 9 日
	～9 歳		38 日	約 38 日
	～30 歳		70 日	約 70 日
	～50 歳		90 日	約 90 日
ヨウ素 131	乳児	約 8 日	11 日	約 5 日
	5 歳		23 日	約 6 日
	成人		80 日	約 7 日

[表 2-1] 放射性物質の半減期
資料：消費者庁「食品と放射能 Q & A」2018 年 3 月 8 日(第 12 版)

放射線計測の種類・方法

放射線は目に見えず、においもないため、人間が五感で感じることはできません。持ち運びができる測定器を使うことで、放射線を多く受ける場所はどこなのか(空間の放射線量)を調べることができます。

目的と用途に応じた測定器の種類

サーベイメータとは、小型で持ち運びできる放射線測定器です。測定の原理によってさまざまなタイプがあり、目的と用途に応じて作られています。

■シンチレーション式

シンチレータという物質は、放射線が入射すると光を発生します。この作用を利用して、シンチレータから発せられる微弱な光を増幅し、電気信号に変換して放射線を計測するのが、シンチレーション式です。一般環境の空間線量率(ガンマ線及びエックス線)の測定に適しています。

■GM 管式

ガイガーミュラー(GM)計数管という放射線を検出する部分があり、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、放射線が電離作用を起こし、ガスの分子が陽イオンと電子に分離します。この作用を電気信号に変換して放射線の量を測定します。放射線の中でもベータ(β)線に対する感度が高く、体や物の表面汚染の検査に適しています。

■電離箱式

電離箱の中を放射線が通りぬけると、GM 管式と同じようにガスの分子が陽イオンと電子に電離する特徴を用いて測定します。高レベルの空間線量率の測定に適していますが、低い線量率の測定はできません。



シンチレーション式サーベイメータ

GM 管式サーベイメータ

電離箱サーベイメータ

[写真 2-1] さまざまな放射線測定器

資料：農林水産省「放射性物質の基礎知識」2012年2月





■個人被ばく線量計

体に身につけることができる個人被ばく線量計を用いると、被ばくの積算線量を知ることができます。電子式(直読式)のポケット線量計があれば、一定期間ごと、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。OSL 線量計やガラス線量計と呼ばれる線量計は、通常、1月間の被ばく線量を測定するために使われますが、自分で被ばく線量を読み取ることはできないので、専門業者等に委託します。



[写真 2-2] 個人被ばく線量計

資料：林野庁「テキスト版 放射性物質の現状と森林・林業の再成」2015年

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。
電離箱式 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(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

[図 2-9] 放射線計測用の機器

資料：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」平成30年度版、公益財団法人放射線計測協会 HP「放射性計測 Q & A」、「放射線モニタリングと健康影響」日本原子力学会 2012年5月13日

空間線量率の測定方法

空間線量率の測定方法の一つとして、NaI シンチレーション式サーベイメータ(γ 線用)を用いた例を図示します。

◆バックグラウンドの測定

最初に、放射能汚染されていない(現場から離れた)環境中の放射線(バックグラウンド)の測定をする。

◆測定の高さ

地上 1 m などの一定の高さで計る。

◆測定レンジ係数の調整

測定レンジ切替スイッチで指示値がメーターの目盛の中央付近になるようにする。

◆時定数の調整

目的に合わせて、時定数スイッチ(3 秒、10 秒、30 秒)を調整する。精度の粗い広範囲の測定や高線量の場合は時定数を小さい値に、精度の高い測定の場合や低線量は時定数を大きい値にする。測定開始後、時定数の 3 倍の時間が経過したら指示値を読み取る。

◆指示値の補正

指示値 \times 校正定数 = 空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

指示値に機器ごとに決まっている校正定数をかけると空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) を正確に求めることができる。

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 \times 校正定数 = 線量 ($\mu\text{Sv/h}$)



指示値の読み方

0.3、3、30 $\mu\text{Sv/h}$ は上段

1、10 $\mu\text{Sv/h}$ は下段

・写真は 0.3 $\mu\text{Sv/h}$ のレンジ

・上段の数値を読む

・計は 0.92 の目盛

指示値は 0.092 $\mu\text{Sv/h}$

例えば、校正定数が 0.95 の場合

線量 = $0.092 \times 0.95 = 0.087 \mu\text{Sv/h}$

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

[図 2-10] 線量の測定方法 (NaI シンチレーション式サーベイメータ)

資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

放射線の人体への影響

私たちは普段から、身の回りにあるさまざまな放射線を受けて生活しています。放射線は、もともと自然界に存在するもので、原子力施設や病院など特別な場所だけに存在するものではありません。放射線による影響は、放射線の「有無」ではなく「どのくらいの量」を「どのくらいの期間」受けたかによります。

放射線の影響と人体の修復力

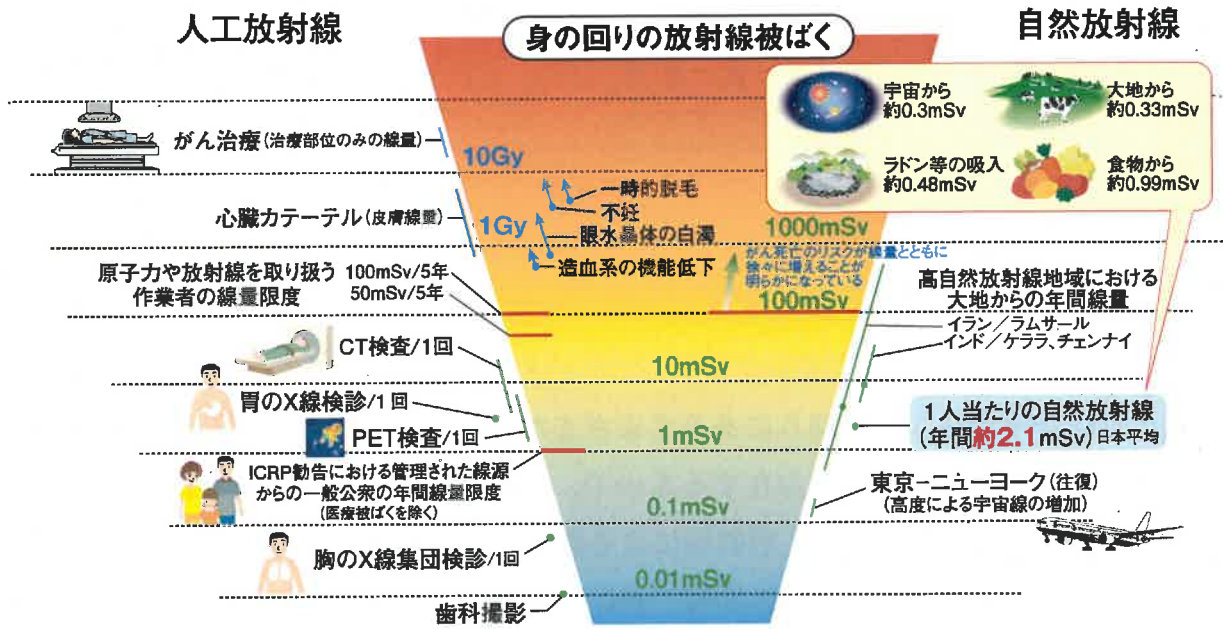
自然界にはもともと放射線が存在し、私たちは日頃からある程度の放射線を受けています(日本平均で1人当たり年間2.1 mSv、世界平均で1人当たり年間2.4 mSv)。

私たちが、身のまわりから受ける放射線には、「自然放射線」と「人工放射線」があります。

自然放射線には、大地や宇宙、食物から受ける放射線があります。例えば、飛行機で移動した場合、高度により宇宙線が増加するため、受ける放射線量が増えます。

また人工放射線には、胃のX線検診やCT検査、がん治療などで受ける放射線があります。人工の放射性物質と自然の放射性物質とで放出される放射線の性質に違いはなく、シーベルトの数値が同じであれば人体への影響も違いはありません。

人体の細胞中にあるDNA(遺伝子)に放射線が当たると、DNAの一部が壊れることがあります。DNAを傷つける原因は放射線以外に、食物の中の発がん物質、たばこ、環境中の化学物質、活性酸素など、日常生活の中にもあります。しかし、人はDNAの損傷を修復する仕組みを持っているため、ほとんどのDNAは元に戻ります。また、修復されなかったDNAを持つ細胞はほとんどが細胞死して健康な細胞に入れ替わります。このため、自然界から常に放射線を受けているにも関わらず、私たちは普段の生活では放射線を意識することなく暮らすことができます。



出典：
 ・国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告書
 ・国際放射線防護委員会 (ICRP) 2007年勧告
 ・日本放射線技師会医療被ばくガイドライン
 ・新版 生活環境放射線 (国民線量の算定) 等により、放射線医学総合研究所が作成 (2018年5月)

【図 2-11】 日常生活と放射線

資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

放射線の人体への影響の分類

放射線の影響は、放射線を受けた本人に出る「身体的影響」と、子供や孫などに出る「遺伝的影響」に分けられます。また、被ばくしてから症状が出るまでの潜伏期間による分類として、比較的早く症状が出る「急性影響(早期影響)」と、数か月後以降に現れる「晩発影響」に分けることができます(図 2-12)。

さらに、放射線の影響が生じるメカニズムの違いにより「確定的影響」と「確率的影響」に分類されます。

確定的影響はある一定以上の線量(しきい線量)を被ばくしない限り発生することはありません。そのうちの多くは、被ばく後、数週間以内に現れる急性影響に分類されます。確定的影響は、臓器や組織を構成する細胞が多数死んだり、変性したりすることで起こる症状です。例えば、比較的大量の放射線を浴びると、数週間以内に皮膚障害を起こしたり、造血能低下により血球の数が減ったりすることがあります(急性放射線症候群)。また妊娠中に大量の放射線を浴びると胎児に影響が現われます。眼に放射線が当たると数年後に白内障になることがあります(晩発影響)。

一方、確率的影響(発がん及び遺伝的影響)は、低い線量でも発生の可能性がゼロではないと考えられている影響です。放射線はDNAを傷つけ、その結果、突然変異が起こることがあります。個々の突然変異が病気につながる可能性は低いものの、理論的にはがんや遺伝的影響の原因となる可能性が全くないとはいえません。そこで、がんや遺伝的影響については、しきい線量はないものと仮定して、管理が行われています。

		潜伏期間	例	放射線影響の機序
影響の出現	身体的影響	数週間以内 = 急性影響 (早期影響)	急性放射線症候群 ^{※1} 急性皮膚障害	細胞死 / 細胞変性 で起こる 確定的影響 ^{※2}
		数週間以降 = 晩発影響	胎児の発生・発 達異常(奇形)	突然変異で起こる 確率的影響
	水晶体の混濁			
	遺伝的影響		がん・白血病	
			遺伝性疾患	

※1：主な症状としては、被ばく後数時間以内に認められる嘔吐、数日から数週間にかけて生じる下痢、血液細胞数の減少、出血、脱毛、男性の一過性不妊症等。

※2：一定量以上の被ばくがないと発生しない。

[図 2-12] 放射線の人体への影響の分類

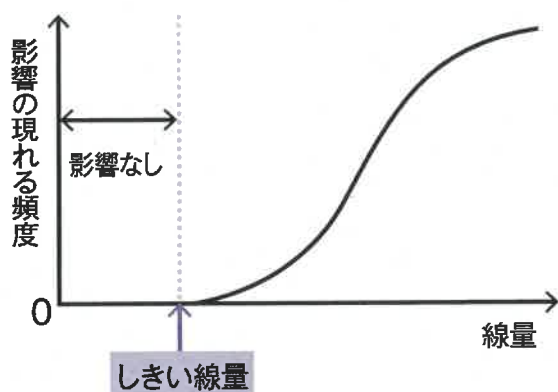
資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料」

確定的影響

(脱毛・白内障・皮膚障害等)

同じ線量を多数の人が被ばくしたとき、全体の1%の人に症状が現れる線量を「しきい線量」としている。

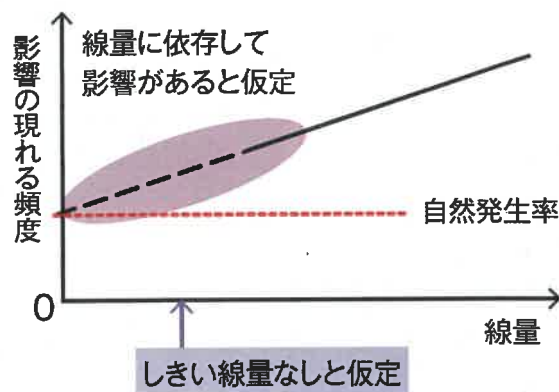
(国際放射線防護委員会【ICRP】2007年勧告)



確率的影響

(がん・白血病・遺伝的影響等)

一定の線量以下では、喫煙や飲酒といった他の発がん影響が大きすぎて見えないが、ICRP等ではそれ以下の線量でも影響はあると仮定して、放射線防護の基準を定めることとしている。



※しきい線量：ある作用が反応を起こすか起こさないかの境の値のこと

[図 2-13] 確定的影響と確率的影響

資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

被ばく線量と健康リスクとの関係

比較的短時間で受ける100~200 mSv以上の線量に対しては、確定的影響とがんになるリスクが上昇するという科学的証拠が存在します。そこで、放射線事故による緊急時には、まずは重大な身体的障害を防ぐため、年間100 mSv以上の被ばくをしないように参考レベルを設定します。事故の収束によって、はじめに設定した参考レベルよりも高い線量を受ける人がほとんどいない状況が達成されたときには、将来起こるかもしれないがんのリスクの増加をできるだけ低く抑えるため、更に低い参考レベル(年間1~20 mSv等)を設定して、被ばくする線量の低減を進めます。

平常時の基準値としては年間1 mSvが用いられます。そのため、被ばく量が年間1 mSvを超えると危険だとか、ここまで被ばくをしてもいいと誤解されることがありますが、線量限度は、安全と危険の境界線ではありません。放射線防護の目的からすると、諸事情を考慮して現実的に可能な範囲で被ばく線量を低く抑えることが原則です。

資料：環境省「平成30年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

外部被ばくと内部被ばく

放射線を体を受けることを被ばくといいます。放射線被ばくには「外部被ばく」と「内部被ばく」の二つがあります。

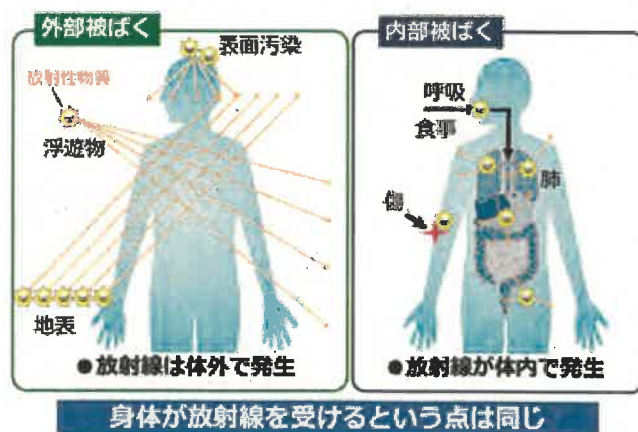
外部被ばくと内部被ばく

外部被ばくは、地表や空気中、あるいは衣服や体の表面など、体外にある放射性物質から体に放射線を受けることをいいます。

一方、内部被ばくは、放射性物質を含む空気、水、食物などを摂取し、体内にある放射性物質から放射線を受けることをいいます。体内に放射性物質が取り込まれる主な経路には、次の5つがあります。

- ① 飲食により口から(経口摂取)
- ② 呼吸などにより空気と一緒に(吸入摂取)
- ③ 皮膚から(経皮吸収)
- ④ 傷口から(創傷侵入)
- ⑤ 放射性医薬品の投与

このようにして、いったん放射性物質が体内に入ると、排せつ物などと一緒に排出されるか、時間の経過とともに放射能が弱まるまで、人体は体内から放射線を受けることになります。外部被ばくと内部被ばくの違いは、放射線を発する物質が体外にあるか、体内にあるかの違いで、体が放射線を受けるという点では同じです。



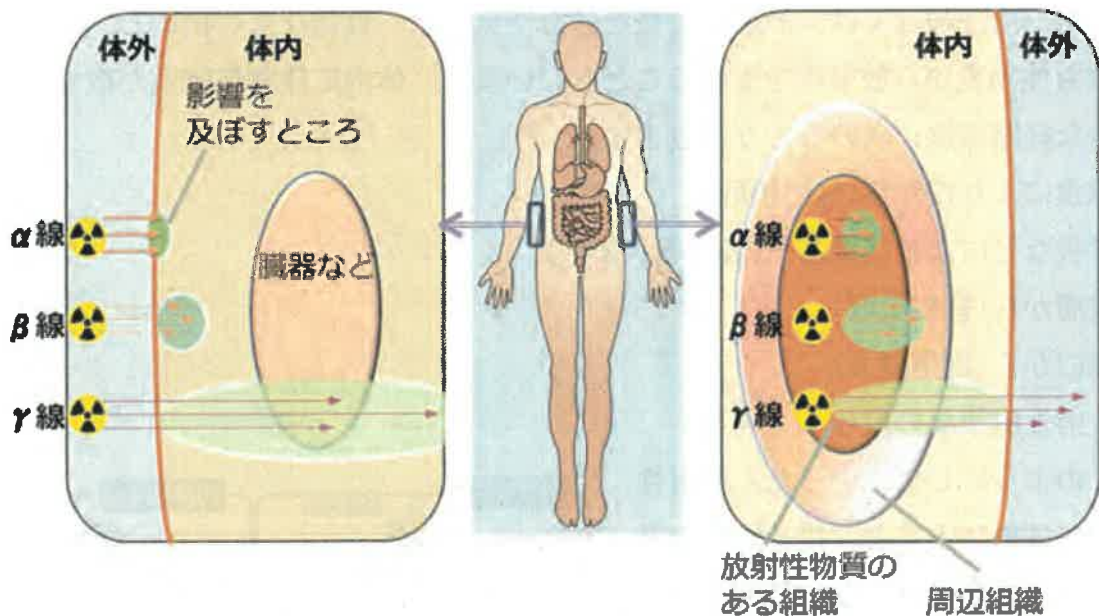
[図 2-14] 外部被ばくと内部被ばくの経路
資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」

放射線の透過力と人体の影響範囲

放射線は種類によって、人体を透過する力が異なります。

外部からの被ばくの場合、アルファ(α)線は、体表の角質層で止まるので影響が現れることはありません。ベータ(β)線は、皮膚を通過し、線量が大きい場合は熱傷(やけど)のような症状を引き起こしますが、体の奥に届くことはありません。ガンマ(γ)線は、体の奥の重要な臓器まで達することから、外部被ばくで問題になるのは、ガンマ線を放出する放射性物質です。

一方、内部被ばくでは、アルファ線、ベータ線、ガンマ線のいずれも人体に影響を与える可能性があります。アルファ線の影響範囲は、放射性物質が存在する組織内に限定されますが、生物への影響力が強く、内部被ばくでは特に注意が必要です。ガンマ線は、透過力が高いため、組織内だけでなく人体全体に影響を及ぼす可能性があります。



[図 2-15] 放射線の透過力と人体への影響範囲

環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料」

外部被ばくと内部被ばくの 低減のための防護方法

被ばく線量を低減するためには、外部被ばくと内部被ばくでは、それぞれ異なった防護方法が必要です。

外部被ばくの低減 3 原則

外部被ばくの線量を少なくするためには、次の3つの方法があります。

①「距離」：放射線源から離れる

(放射性物質で汚染した土を取り除いて、生活の場から離すなど。)

②「遮へい」：線源と自分の間に密度の高い物質などを置く

(屋内に居ること。放射性物質で汚染した土と、その下の汚染していない土を入れ替えて、汚染していない土を遮へい材として用いることなど。)

③「時間」：線源の近くにいる時間を短くする

(空間線量率が高い所にいる時間を短くするなど。)

- ① 離れる (距離)
- ② 間に重い物を置く (遮へい)
- ③ 近くにいる時間を短く (時間)

[図 2-16] 外部被ばく低減 3 原則
資料：環境省「平成 30 年度版 放射線による健康影響等に関する統一した基礎資料」

内部被ばくの低減

内部被ばくについては、呼吸を介した吸入と食品の摂取からの両方を考える必要があります。例えば、空間線量率が高い所で子どもたちが屋外活動を行った場合の内部被ばく線量は、推計では被ばく線量全体の 2~3% で、被ばくのほとんどは外部からの放射線によるものでした。そのため、空気中の放射性物質の吸入などによる内部被ばくの低減に関しては、日常の衛生管理(入浴、手洗い、掃除、洗濯など)をしっかりと行うことで一定の効果がみこめます。

なお、経口による被ばくに関しては、野生の食材のように、安全性が確認できないものには注意が必要です。

低線量被ばくによる 健康への影響

100 mSv 未満の被ばくの健康への影響は、統計的に検証することが困難なほど小さいと考えられます。ただし、確率的影響(がんや遺伝的影響)にはしきい線量はないと仮定されるため、低線量であっても被ばく線量は可能な限り低く抑えるのが原則です。

被ばく線量と発がんリスク

放射線被ばくにより、傷ついた DNA(遺伝子)が正しく修復されないと、がんの原因の一つになることもあります。私たちが生きている上で、がんになる可能性や、そのリスクとなる要因にはさまざまなものがあります。

原発の事故による放射線被ばくの発がんリスクを、喫煙などの他の発がんリスクと単純に比較することは難しいですが、これらの比較は、がんになるリスクのレベルを理解するためには有効です。

一般的な発がんリスク要因が、どの程度の被ばく線量に相当するのか、シーベルト(Sv、放射線の人体への影響を示す単位)に置き換えてみると、表 2-2 のように示せます。例えば、喫煙は 1,000~2,000 mSv、野菜不足でも 100~200 mSv 相当に換算されます。

広島・長崎の原爆被爆者約 12 万人規模の疫学調査では、原爆による放射線の被ばく線量が 100 ないし 200 mSv(短時間 1 回)を超えたあたりから、被ばく線量が増えるに従ってがんで死亡するリスクが増えることが知られています。一方、それ以下の領域では、得られたデータの統計学的解析からは放射線の被ばくによってリスクが実際に増加しているかどうか確認できません。

100 mSv 以下の被ばく線量では、被ばくによる発がんリスクは生活環境中の他の要因による発がんの影響によって隠れてしまうほど小さいため、放射線による発がんリスクの明らかな増加を証明することは難しいということが国際的な認識となっています。

■健康影響の例(放射線と生活習慣によってがんになるリスク)

放射線の線量 (ミリシーベルト)	生活習慣因子	がんの相対リスク*
1000~2000	喫煙者	1.8
	大量飲酒(毎日3合以上)	1.6
		1.6
500~1000	大量飲酒(毎日2合以上)	1.4
		1.4
200~500	やせ過ぎ(BMI<19)	1.29
	肥満(BMI≥30)	1.22
	運動不足	1.19
	塩分の高い食品の取り過ぎ	1.15~1.19 1.11~1.15
100~200	野菜不足	1.08
	受動喫煙(非喫煙女性)	1.06
		1.02~1.03
100未満		検出不可能

※放射線の発がんリスクは広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ(固形がんのみ)であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではない。

※生活習慣による発がんリスクは40~69歳の日本人を対象とした調査。

※相対リスクとは、図にある生活習慣因子を持つ集団のがん発生率を、因子を持たない集団の発生率で割ったものであり、因子を持たない人に比べて因子を持っている人ががんになる割合が何倍高いかという数値。

※この表は、成人を対象にアンケートを実施した後、10年間の追跡調査を行い、がんの発生率を調べたもの。
例えば、アンケート時に「タバコを吸っている」と回答した集団では、10年間にがんになった人の割合が「吸っていない」と答えた集団の1.6倍であることを意味している。

出典：(国研)国立がん研究センター

[表 2-2] 健康影響の例(放射線と生活習慣によってがんになるリスク)

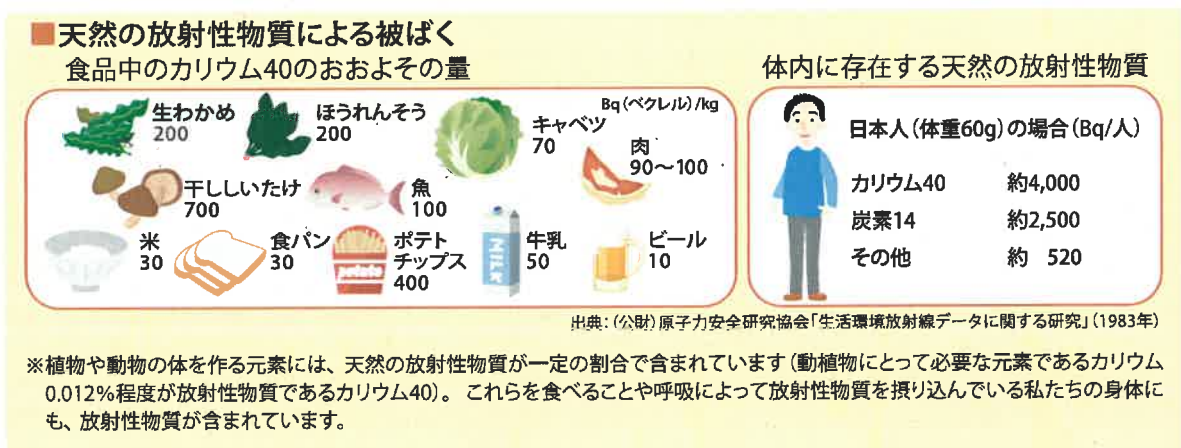
資料：消費者庁「食品と放射能 Q & A ミニ冊子」2018年3月改訂、消費者庁「食品と放射能 Q & A」2018年3月改訂、復興庁「避難住民説明会等によく出る放射線リスクに関する質問・回答集」2012年12月25日

天然の放射性物質による被ばく

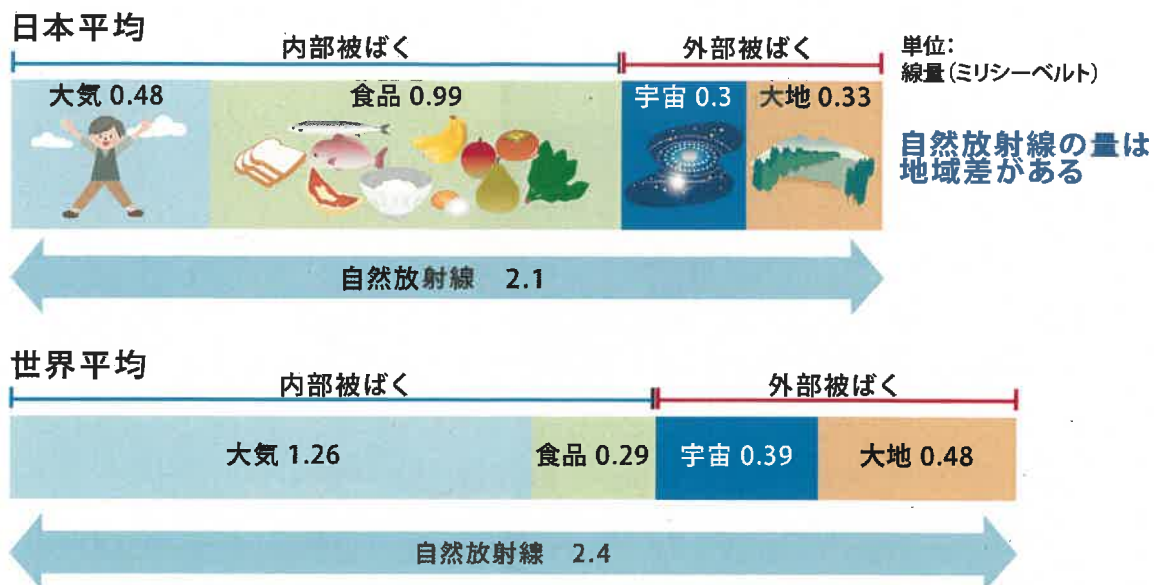
私たちは原子力発電所事故とは関係なく、もともと自然界からある程度の量の放射線を受けています。また、食品の中にもカリウム 40 をはじめ、天然の放射性物質が含まれています。

天然の放射性物質による内部被ばく、外部被ばく

約 46 億年前に地球が誕生した時から地球上には放射性物質があり、生物はずっと大地や大気から放射線を受けてきました。大地や海水中に含まれる放射性物質は、野菜や魚などに吸収され、食べ物を通して体内に取り込まれます。人間はだれでも体内に数種類の放射性物質をもっており、代表的なものにはカリウム 40 やポロニウム 210 があります。このように食物摂取により体内に取り込まれた天然の放射性物質による被ばく線量は、1 年間に約 0.99 mSv 程度になります。これに、空気中のラドンによる内部被ばくや、宇宙や大地からの外部被ばくを合わせた自然放射線からの被ばく量は、日本では年間 2.1 mSv 程度です(図 2-17)。



[図 2-17] 体内、食物中の自然放射性物質
資料：消費者庁「食品と放射能 Q & A」2018 年 3 月改訂



出典：国連化学委員会(UNSCEAR)2008年報告書、(公財)原子力安全研究協会「新版生活環境放射線」(2011年)

※日本の自然放射線からの年間被ばく量(内部被ばくを含む。)は、従来 1.5mSv/年とされていましたが、国内外の論文を検証したところ、主に魚の内臓などに含まれるポロニウム 210 が過小評価されていたため、内部被ばくの線量を上方修正し、2.1mSv/年になりました。

[図 2-18] 私たちが 1 年間に受ける自然放射線
資料：消費者庁「食品と放射能 Q & A」2018 年 3 月改訂
日本原子力文化財団 HP