放射性物質の基礎知識

平 成 ２ ３ 年 １ １ 月

農林水産省

目　次

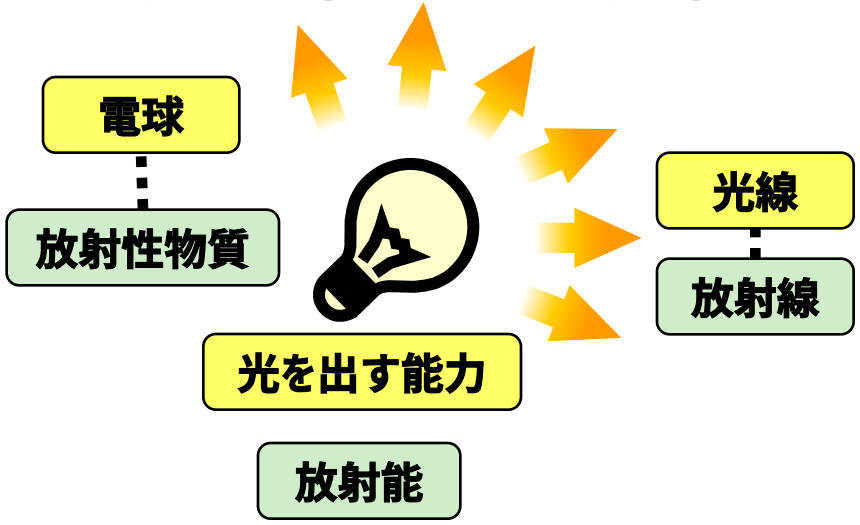
1. 放射線と放射能
2. 放射線の種類と特徴
3. 放射能や放射線を表す単位
4. 放射能の減り方（放射性物質の半減期）
5. 外部被ばくと内部被ばく
6. 食品からの内部被ばくの量を計算するには
7. 放射線の人体への影響
8. 天然の放射性物質
9. 検査に用いる機器
10. 検出下限と定量下限
11. さいごに

放射線と放射能

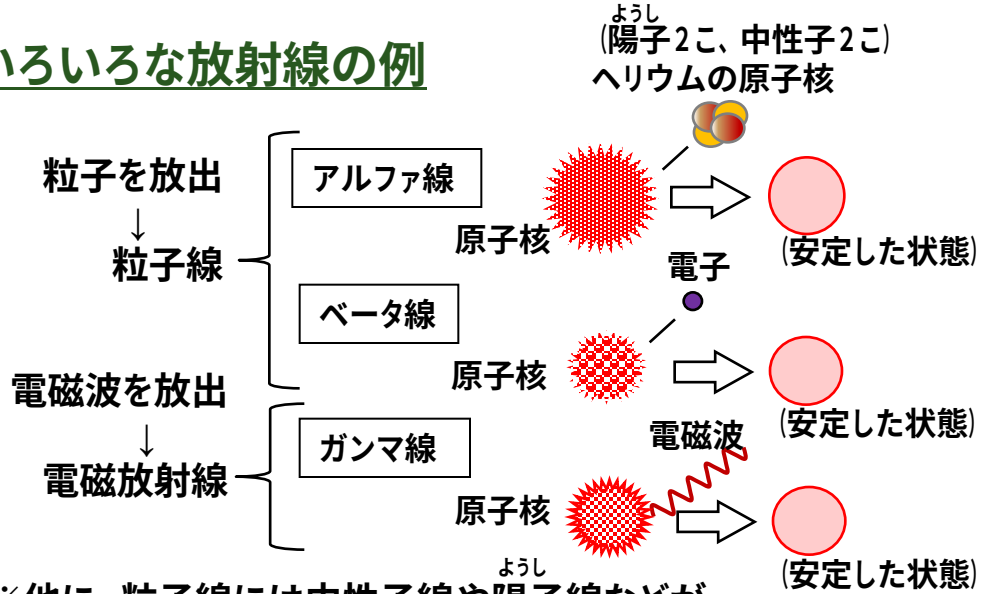
- ほとんどの元素は、安定な状態で原子や分子として存在しています。
- わずかに存在する不安定な原子は、粒子（原子よりも小さな粒）や電磁波（電子レンジのマイクロ波のようなもの）を放出して、徐々に安定な原子に変わっていきます。このときに放出する粒子や電磁波が「放射線」です。
- 放射線を出す物質を「放射性物質」、放射性物質が放射線を出す能力を「放射能」と呼びます。

電灯にたとえると・・・

「放射性物質」が電球、「放射線」が光線



いろいろな放射線の例



※他に、粒子線には中性子線や陽子(ようし)線などが、電磁放射線にはエックス線があります

放射線の種類と特徴

- 放射性物質の種類によって、放出する放射線の種類が異なります。
- 放射線の種類によって、ものを通り抜ける力が異なります。

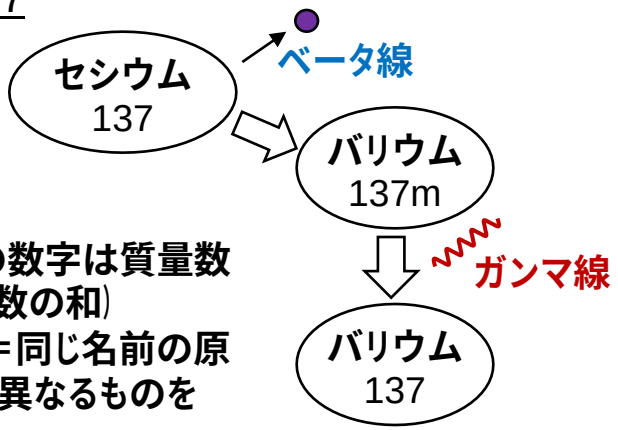
放射性物質の種類と放出する放射線

核種	放射線
ヨウ素131 セシウム134, セシウム137	ベータ線と ガンマ線
ストロンチウム90	ベータ線
プルトニウム239	アルファ線

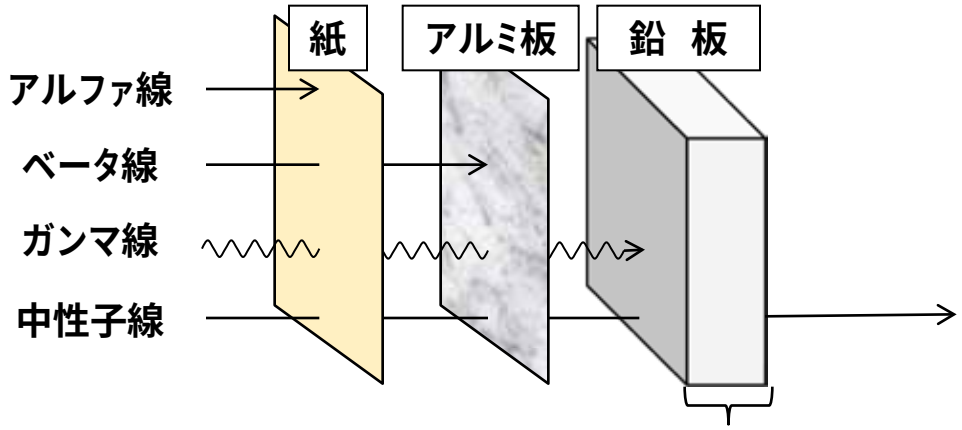
放射線の種類と特徴

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

(例) セシウム137



※元素名のあとの数字は質量数(陽子数と中性子数の和)
陽子数が同じ(＝同じ名前の原子)で中性子数が異なるものを「同位体」と呼ぶ



放射能や放射線を表す単位

- 放射能の強さや放射線の影響を表すには、「ベクレル」や「シーベルト」という単位が使われます。

ベクレル(Bq)：
物質中の放射性物質がもつ放射能の強さを表す単位

シーベルト(Sv)：
人が受けた放射線の健康への影響を表す単位

1秒間に1つの原子核が崩壊して放射線を放つ放射能＝1ベクレル

放射線の種類によって影響の大きさが異なる。

1時間当たりか、1日当たりか、1年当たりかなどに注意する。

※他に、物体や人体の組織が受けた放射線の強さを表す単位（グレイ(Gy)）がある

1kgの物質が1ジュールのエネルギーを吸収＝1グレイ

ガンマ線、ベータ線：1グレイ＝1シーベルト
アルファ線：1グレイ＝20シーベルト
（アルファ線はベータ線・ガンマ線より人の健康への影響が大きい）

1 Sv = 1,000 mSv = 1,000,000 μSv
（ミリシーベルト）　（マイクロシーベルト）

放射能の減り方（放射性物質の半減期）

物理学的半減期

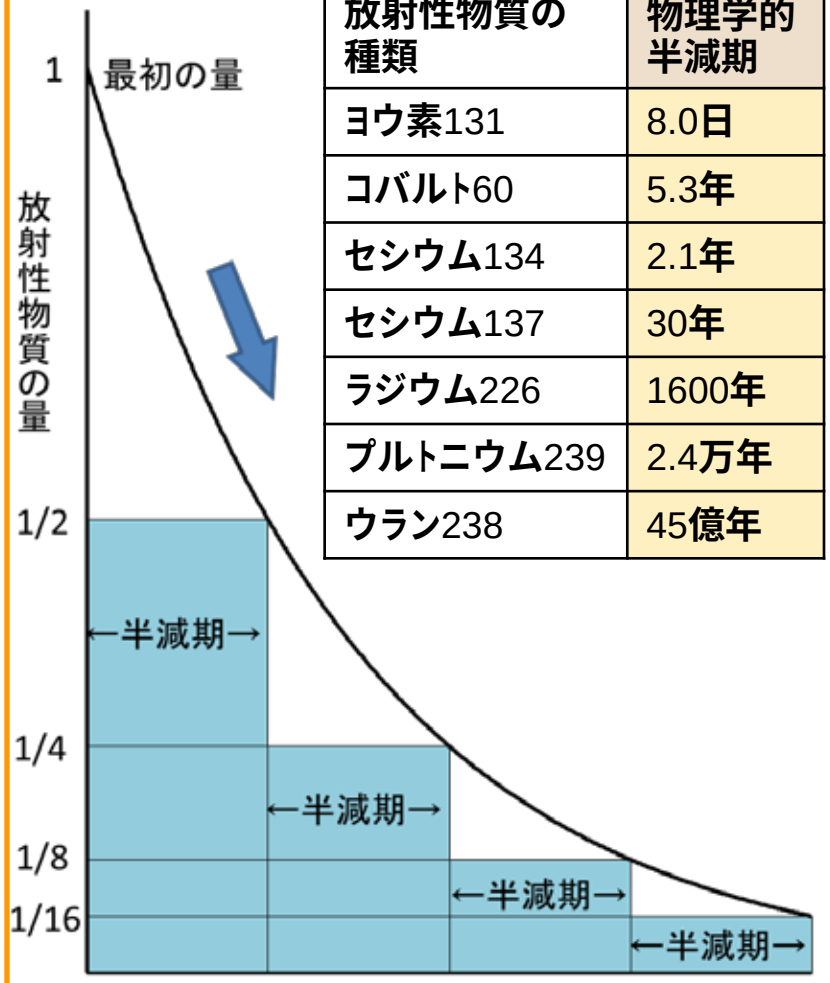
- 放射性物質が、放射線を放出して別の原子核に変化し、半分に減るまでの期間。

生物学的半減期

- 体内にとりこまれた放射性物質が、代謝などにより体外に排出されることで半分に減るまでの期間。

	ヨウ素 131	セシウム 134	セシウム 137
物理学的半減期	8日	2年	30年
生物学的半減期（ヒト（全身））	乳児：11日 5歳児：23日 成人：80日	1歳まで：9日 9歳まで：38日 30歳まで：70日 50歳まで：90日	
生物学的半減期（牛（筋肉））	－	未経産：50～60日 雄牛：30～40日 子牛：25～30日	

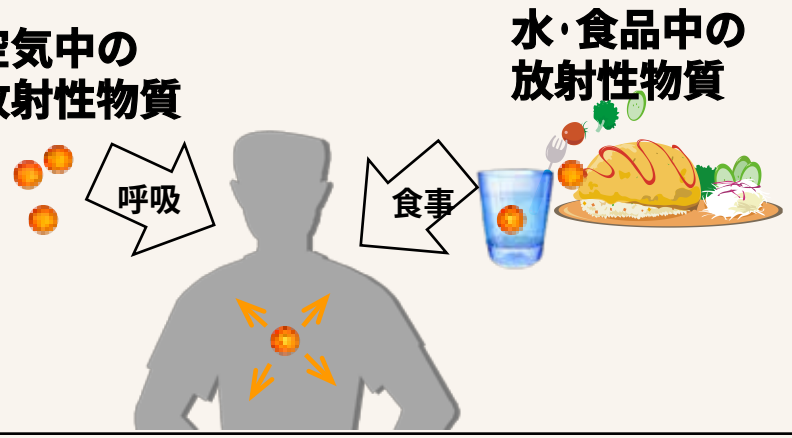
（参考）物理学的半減期



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
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

外部被ばくと内部被ばく

- 人が放射線を体に受けることを被ばくといいます。
- 外部被ばくは、放射性物質が体の外にあり、体外から放射線を受けることです。
  外部被ばく線量は、地域の空間線量率と被ばくした時間によって決まります。
- 内部被ばくは、放射性物質が体の中に入り、体の中から放射線を受けることです。
  内部被ばく線量は、吸気中や摂取した水･食品中の放射性物質の種類や量、摂取経路、物理的半減期や代謝等による減少の程度などによって決まります。

外部被ばく	内部被ばく
	
外部被ばくから身を守るには‥ • 放射性物質から距離をとる • 放射線を受ける時間を短くする • 放射線をさえぎる	内部被ばくから身を守るには‥ • 放射性物質を体内に取り込まないようにする

食品からの内部被ばくの量を計算するには

- 食物などから体に取り込まれた放射性物質は、別の原子核への変化や体外への排出によって、時間とともに減っていきます。
- 食品中の放射性物質からの1年間の内部被ばくの量（放射性物質が体内に残っている間に人が受ける内部被ばくの総線量）は、次のように計算することができます。

内部被ばくの量(mSv/年)
＝ **食品中の放射性物質濃度**(Bq/kg) × **年間摂食量**(kg/年) × **実効線量係数**(mSv/Bq)

＜実効線量係数＞

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、放出する放射線の強さ・量などから決められている。

成人による経口摂取の場合

核種	実効線量係数(mSv/Bq)
ヨウ素131	1.6×10^{-5}
セシウム134	1.9×10^{-5}
セシウム137	1.3×10^{-5}

原子力安全委員会「環境放射線モニタリング指針」（平成20年3月）

(参考) 外部被ばく量を計算するときは

- **地域の空間線量率 (μSv/h) から1年間の外部被ばくの影響を推計したいときは、例えば次のように計算することができます。**
  - **1日のうち8時間程度を屋外で、16時間程度を屋内で過ごすことを想定。**
  - **屋内で過ごす間に受ける線量は、空間線量率に低減係数 (※) を乗じる。**

    ※例えば、木造家屋内では0.4、ブロックあるいは煉瓦造りの家屋内では0.2　など

外部被ばくの影響(μSv/年)
＝ 地域の空間線量率(μSv/h)× {8時間＋ (低減係数×16時間)} ×365日

(例) ある日の空間線量率 (平均値) が0.056 μSv/h **。この値が1年間続いたとすると・・・**

0.056 (μSv/h)　×　{8**時間**＋ (0.4×16**時間**)} × 365**日** ＝290 μSv

(木造家屋に居住している場合)

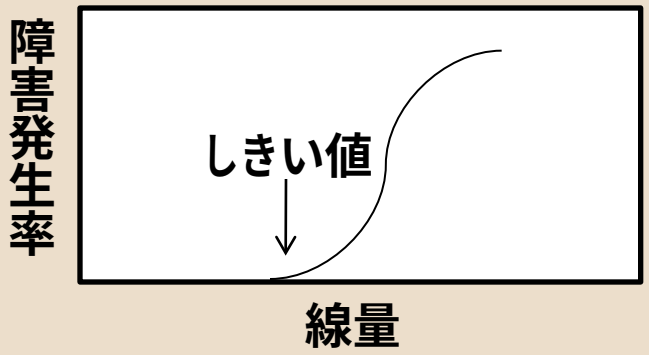
(参考資料) 低減係数は、原子力安全委員会「原子力施設等の防災対策について」より

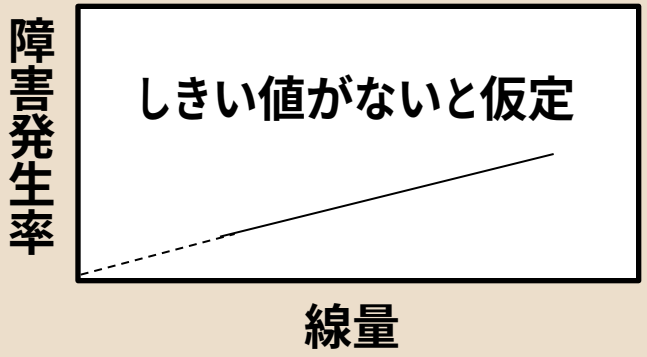
放射線の人体への影響

- 放射線による生物への影響は、放射線のエネルギーによって、細胞内の遺伝子（ＤＮＡ）が損傷を受けることによって起こります。
- しかし、生物はＤＮＡの損傷を修復する仕組みや、異常な細胞を取り除く仕組みを持っているので、ある程度までの損傷は修復することができます。

（参考）確定的影響と確率的影響

確定的影響	確率的影響
• 短時間に一定以上の量の放射線を受けた場合に症状が現れ、放射線量が高いほど症状が重くなるような健康影響。被ばく後、比較的短時間で影響が現れる。 • それぞれの健康影響が現れる最も低い放射線量をしきい値とよぶ。	• 比較的低い放射線量を受けた場合でも現れることがあり、放射線量が高いほど現れる確率が増えると考えられている健康影響。被ばく後、数年以上を経て影響が現れる。 • 低い放射線量でも、線量の増加に応じて発生確率が増加するとされている。（影響が現れない放射線量（しきい値）はないと仮定）
脱毛、白内障、永久不妊など	がん、遺伝的影響





今回の原発事故のように、比較的低い線量では、「確率的影響」が問題になる

天然の放射性物質

- 大地には、ウラン238、トリウム232、カリウム40などの天然の放射性物質が含まれています。これらは、約46億年前に地球ができたときから存在しています。
- 宇宙線が大気中の窒素などにあたることで、トリチウム（三重水素）や炭素14などの天然の放射性物質が常に作られています。

放出する放射線の種類	天然の放射性物質の例	核実験や原子力施設に由来する放射性物質の例
アルファ線	ウラン（238）、トリウム（232）、ラジウム（226）、ラドン（222）	プルトニウム（239、240）
ベータ線	炭素（14）、トリチウム（3）	ストロンチウム（89、90）
ベータ線とガンマ線	カリウム（40）	ヨウ素（129、131）、セシウム（134、137）

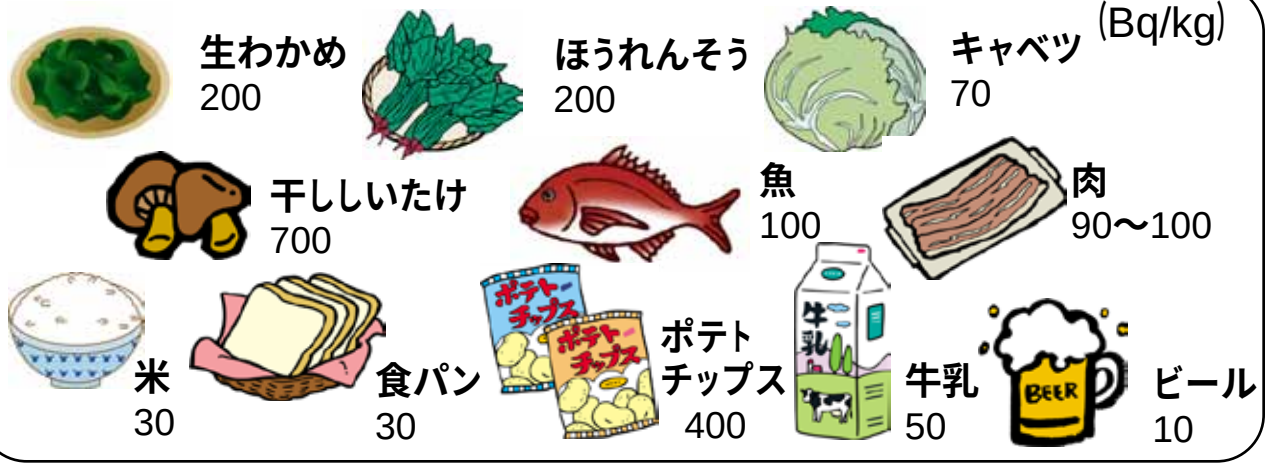
注：（ ）内は質量数

天然の放射性物質から出る放射線でも、核実験や原子力施設に由来する放射性物質から出る放射線であっても、同じ種類・同じエネルギー・同じ量の放射線が人体の同じ部位に当たった場合の影響は同じです。

(参考) 天然の放射性物質による被ばく (1)

- 天然の放射性物質は、これまでも食品中に含まれていました。もっとも多いのは、カリウム40です。
- カリウムはすべての動植物に必須な元素で、カリウム39、40、41の3つの同位体があります。ほとんどは放射線を出さないカリウム39、41ですが、わずかに (0.01%程度) 含まれるカリウム40は、ベータ線とガンマ線を放出します。
- 人の体内にも、放射性物質が常に存在しています。

食品中のカリウム40のおおよその量



体内に存在する天然の放射性物質

日本人男性 (体重約63kg) の場合

	(Bq/人)
カリウム40	約4,000
炭素14	約3,600
その他	約 300
合計	約7,900

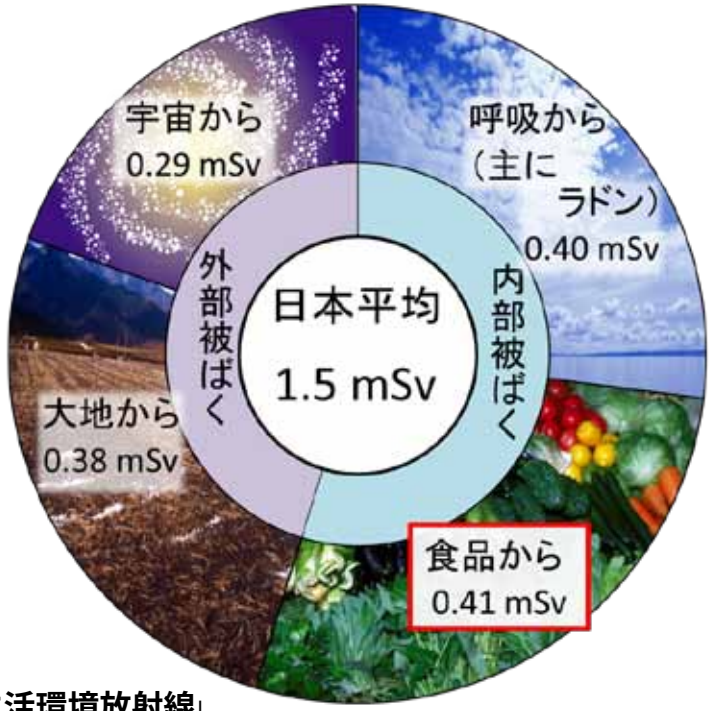
出典：食品安全委員会資料より改変

データの出典：放射線医学総合研究所資料ほか

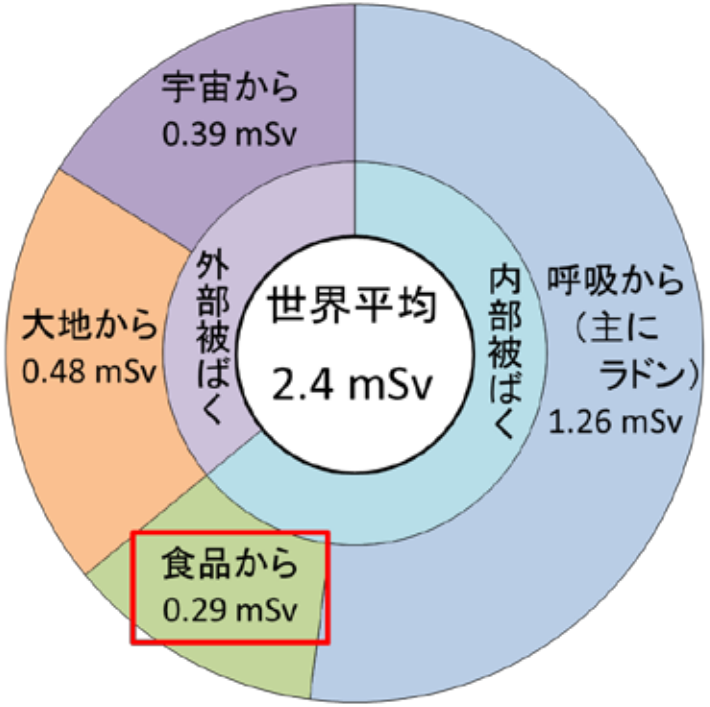
(参考) 天然の放射性物質による被ばく (2)

- カリウム40をはじめとする食品中の天然の放射性物質を摂取することによる内部被ばく量は、平均して年間0.41 mSv程度です。
- これに、空気中のラドンによる内部被ばくや、宇宙・大地からの外部被ばくをあわせて、自然放射線からの被ばく量は、年間1.5 mSv 程度です。

1年間に受ける自然放射線量 (日本)

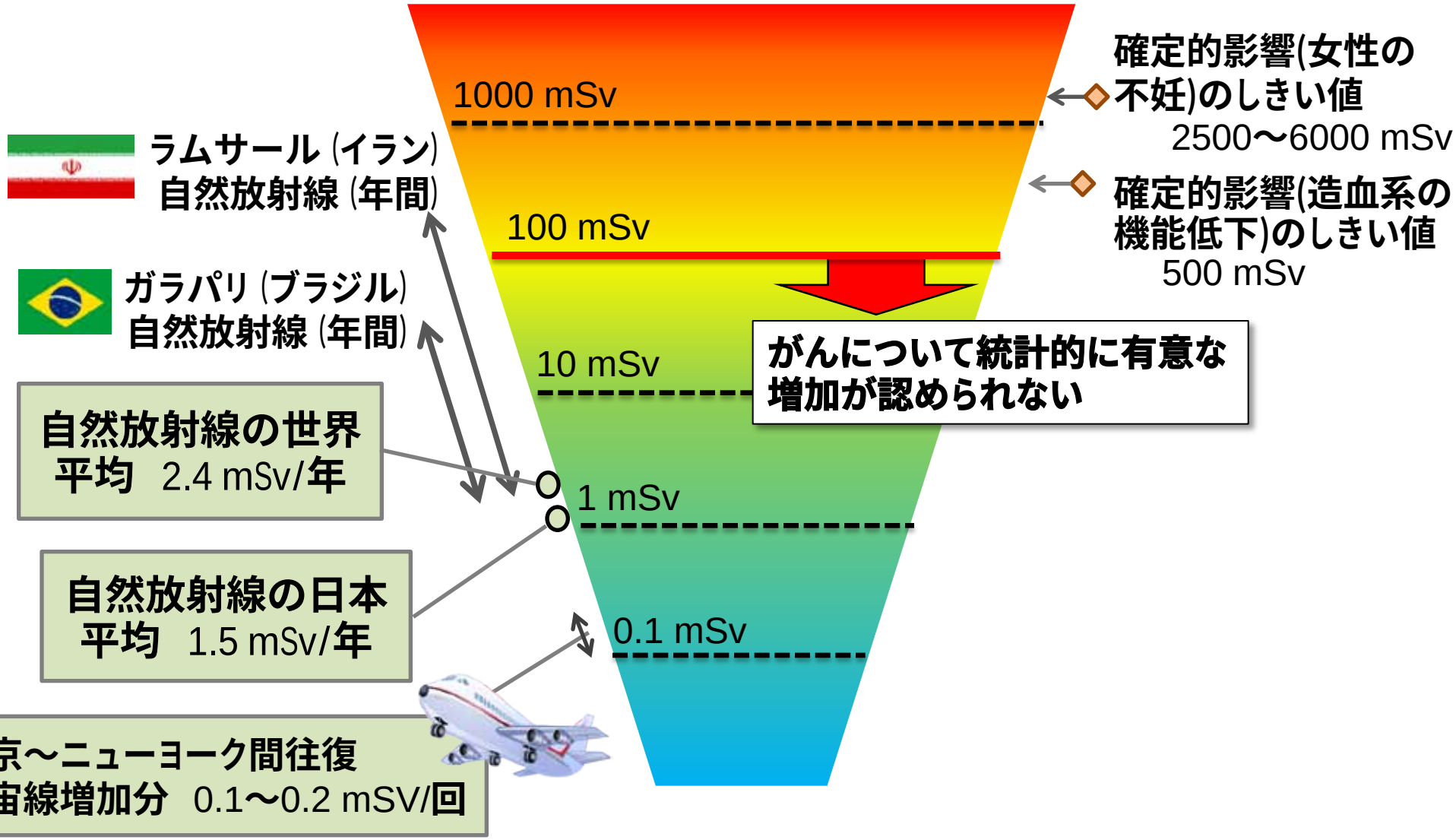


(参考) 世界平均



出典：2000年国連科学委員会報告
1992年原子力安全研究協会「生活環境放射線」

(参考) 人がうける放射線の量と影響



[出典] 放射線医学総合研究所ホームページほか (一部改変)

(参考) がんのリスクの大きさ－放射線と生活習慣－

相対リスク	全部位	特定部位
10～		C型肝炎感染者 (肝臓：36) ピロリ菌感染既往者 (胃：10)
2.50～9.99		大量飲酒 (300 g以上/週) *** (食道：4.6) 喫煙者 (肺：4.2～4.5) 650-1240 mSv の被ばく (甲状腺：4.0) **
1.50～2.49	1000-2000 mSv の被ばく (1.8) * 喫煙者 (1.6) 大量飲酒 (450 g以上/週) *** (1.6)	高塩分食品を毎日摂食 (胃：2.5-3.5) 150-290 mSv の被ばく (甲状腺：2.1) ** 運動不足 (結腸＜男性＞：1.7) 肥満 (BMI＞30) (大腸：1.5) (閉経後乳がん：2.3)
1.30～1.49	500-1000 mSv の被ばく (1.4) * 大量飲酒 (300-449 g/週) *** (1.4)	50-140 mSv の被ばく (甲状腺：1.4) ** 受動喫煙＜非禁煙女性＞ (肺：1.3)
1.10～1.29	やせ (BMI＜19) (1.29) 肥満 (BMI≧30) (1.22) 200-500 mSv の被ばく (1.19) * 運動不足 (1.15-1.19) 高塩分食品 (1.11-1.15)	
1.01～1.09	100-200 mSv の被ばく (1.08) * 野菜不足 (1.06) 受動喫煙＜非喫煙女性＞ (1.02-1.03)	

* ：広島・長崎の原爆被ばく者の約40年の追跡調査からのデータ
** ：チェルノブイリ原発事故の被ばく者 (18歳以下) の10～15年後に行った甲状腺がんスクリーニングからのデータ
*** ：飲酒についてはエタノール換算量を示す

【出典】国立がん研究センターホームページより抜粋

検査に用いる機器（1）

- 食品の検査は、放射性物質の種類毎に、食品中に含まれている濃度を調べる必要があるので、ガンマ線スペクトロメータを使用。

ガンマ線スペクトロメータ

- **ガンマ線を出す放射性物質の種類毎の濃度（Bq/kg）がわかる**
  - ・放射性物質の種類によって放出されるガンマ線のエネルギー（eV）が異なる。
  - ・ガンマ線スペクトル（ガンマ線のエネルギーごとの計数値）を測定。
- スペクトロメータの検出器には、ゲルマニウム半導体やNaIシンチレータ等を使用。

＜ゲルマニウム（Ge）半導体検出器＞
- ・厚生労働省の定める公定法に記載
- ・重量1.5～2 t、価格1,500～2000万円

＜NaIシンチレーション検出器＞
- ・牛肉・米・麦類のスクリーニングに利用可能
- ・重量100 kg程度、価格250～600万円程度

ゲルマニウム半導体検出器
（写真：（財）日本分析センターホームページより）

検査に用いる機器（2）

【参考】サーベイメータ

- 持ち運びできる簡易な測定器の総称
- 測定原理により様々なタイプがある
- 検査対象以外の、環境中の放射線（バックグラウンド）の影響を受ける
- 食品中の天然の放射性物質（カリウム40など）を区別できない
- **通常、μSv/hやカウント数（cpmなど）を測定。放射性物質の種類（セシウム134、セシウム137、カリウム40など）毎の濃度（Bq/kg）はわからない**

GM管式サーベイメータ

シンチレーション式サーベイメータ

電離箱サーベイメータ

（（独）日本原子力研究開発機構ホームページより）

検出下限と定量下限

検出下限：ある分析法で、分析対象物質が存在していることがわかる最低濃度

→検出下限未満の濃度で含まれていたとしても、見つけられない

定量下限：ある分析法で、分析対象物質の濃度がわかる最低濃度

→定量下限未満の濃度で含まれていたとしても、正確な濃度はわからない

- 検出下限や定量下限は、分析する核種、食品、機器などによって異なります。
- 食品安全の分野では、世界的に、
  - **検出下限：基準値の1/10以下**
  - **定量下限：基準値の1/5以下**　あればよいとされています。

検出下限や定量下限を低くするには、時間や費用がかかります。

目的にあった分析法（測定機器、分析条件等）で分析することが重要であり、検出下限や定量下限を必要以上に低くする必要はありません。

さいごに

- 正しい知識をもって、信頼できる情報を見きわめることが大切です。

- 農林水産省ホームページに、関係省庁等の情報へのリンクをまとめたポータルサイトを設けています。

  http://www.maff.go.jp/noutiku_eikyo/index.html