

食品を介した放射性物質 の健康への影響 について

リスクコミュニケーション用科学情報 その1

本資料を利用される場合には、内容を改変しないで、使っていただくようお願いします。

- I. 福島第一原子力発電所事故について
- II. 放射性物質の人体へ及ぼす影響
 - 日常生活のなかの放射線
 - 放射線の種類と性質
 - 放射線の人体への影響
- III. 食品を介した放射性物質の人体への影響とその規制基準
 - 飲食物中の放射性物質

※ 資料は、各頁の上段(枠内)が図解や表、下段(次頁)がその説明文です。リスクコミュニケーションのためのグループディスカッションや勉強会に使えるようにつくっています。

説明文は、声を出して読むと約15分で読めます。まず、上段の図表を見てもらいながら、コミュニケーターが説明文を読んで内容を理解してもらい、その後、ディスカッションをして、参加者同士でいろいろな角度から内容を吟味してもらえば有効です。

※ 資料は、2011年7月末に作成しています。検査などの項目は、10月末現在で情報を更新していません。更新した箇所には日付を入れています。

資料作成:

- 日本学術振興会科学研究費基盤(s)「食品リスク認知とリスクコミュニケーション、食農倫理とプロフェッションの確立」(研究代表者 京都大学大学院農学研究科 新山陽子)研究チームにより作成
- 消費者庁、明石真言放射線医学総合研究所理事、関西大学小澤守教授(科研費連携研究者)の協力を得ました

I. 福島第一原子力発電所 事故について

■ 事故の概要

2011年3月11日、東北地方太平洋沖地震の発生とともに、女川原子力発電所の3機、福島第一原子力発電所の3機、福島第二原子力発電所の4機に制御棒が挿入され、核分裂反応が停止しました。福島第一の4, 5, 6号機は定期点検中で停止していました。

原子炉は自動停止の後、冷却水を循環させて核分裂生成物の崩壊によって発生する熱をとり、冷温停止にする必要があります。福島第一原発では、地震によって送電線からの交流電源が遮断されましたが、非常用電源とバッテリーによって1時間ほどは非常用の冷却水による炉心の冷却が行われました。しかし約1時間後にタービン建屋内の非常用電源(ディーゼル発電機)が津波によって水没し、全交流電源が利用できなくなり、冷却機能が失われました。ここに、今回の事故の原因があるといえます。

■ 原子炉の仕組み

ウラン235に(運動エネルギーの低い低速の)中性子をあてると、核分裂を起こして中性子を数個発生し、エネルギーが発生します(図1)。

原子炉では濃縮されたウラン235を燃料として、中性子のバランスをとりながら持続的に核分裂させ、発生した熱エネルギーを用いて水を高温高圧の蒸気に転換し、それによりタービンを回転させて発電をしています。

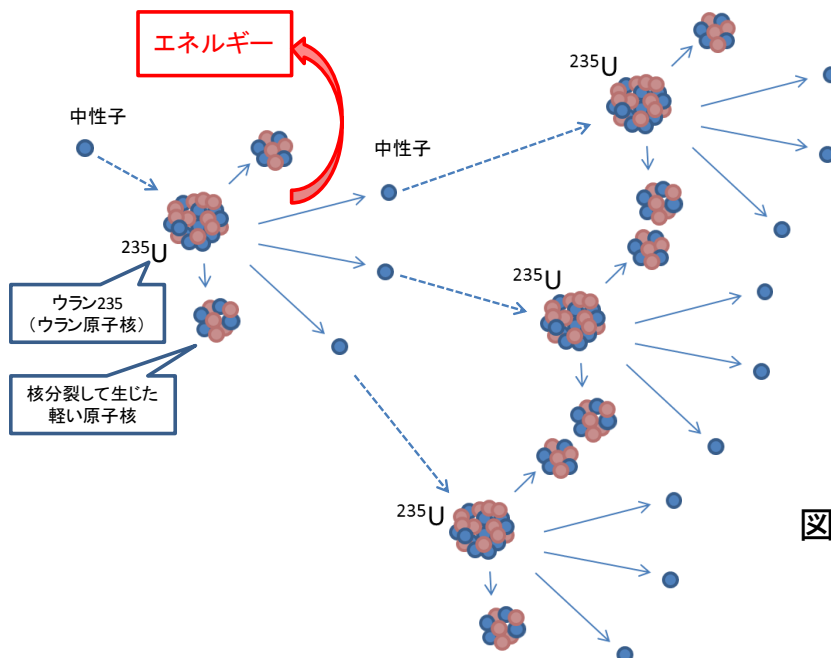


図1 ウラン235の核分裂

原子炉の構造は、

- ・ ジルコニウム合金の被覆管に覆われたウラン燃料、
 - ・ 中性子を(核分裂を起こしやすくするため)減速する水(軽水)、
 - ・ 中性子の数を制御するための制御棒、
 - ・ それらが外部に放出しないよう隔離する鋼鉄製の圧力容器、
 - ・ その外側を囲む鋼鉄とコンクリートでできた格納容器、
 - ・ これらを収納する原子炉建屋
- からなります(図2)。

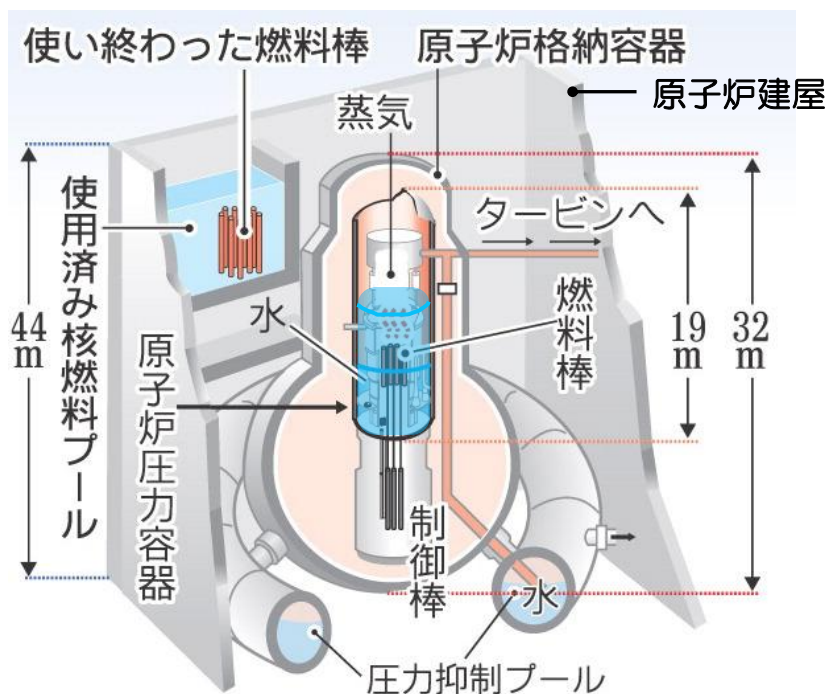


図2 原子炉の構造

出所：毎日新聞社 (<http://mainichi.jp/iPhone/select/news/20110407k0000e040089000c.html>)

■ 自動停止後の冷却の必要性

核分裂によって燃料棒内には、放射線を出しながら崩壊するヨウ素やセシウムなどの、核分裂生成物が形成されます。セシウムにはその放射性原子の数が半分になる半減期が、30年程度のものもあります。崩壊によって生じる崩壊熱は、初めは急速に減衰しますが、かなり長期にわたって大きな発熱量を維持します。

■ 水素爆発に至る経緯

圧力容器の圧力を下げるときは通常、水を蓄えた圧力抑制室に蒸気を放出して冷却・凝縮させて減圧しますが、この水も海水を循環した熱交換器で冷却される必要があります。

しかし福島第一原発では、交流電源がなく、海水循環ができず、凝縮による減圧ができなかったため、バルブをあけて格納容器内の蒸気を原子炉建屋に放出するベントを行いました。このとき圧力容器内で発生した水素が空気と混合して建屋内で爆発し、1号機、3号機、4号機の建屋の上部が破壊されました(なお、4号機では圧力容器内に燃料棒がなく、全ての燃料棒が原子炉建屋内の燃料プールに移されていました。4号機での水素爆発の原因となった水素が燃料プールから来たのか、隣の3号機から来たのかは明確ではありません)。2号機での水素爆発は、建物内の別の場所でおこり、それによって格納容器が損傷したと言われています。

■ 炉心溶融について

1号機ではベントの後、消火用のラインや消防車、コンクリートポンプなどで海水を注入して冷却しましたが、ベントを行った12日の10時過ぎにはすでに大部分の炉心が溶融し、圧力容器の底に落下していた模様です。なお、原子炉には中性子をよく吸収するホウ酸を混ぜた海水を注入したので、制御棒が燃料とともに溶融していても、核分裂が起こることはほとんどありません。2号機、3号機も同様の経過を辿ったようです。炉心溶融(メルトダウン)にまで至ったのは、ベント操作の遅れと海水注入の遅れによるものと考えられます。

■ 現在の状況

現在では、真水が注入されています。炉心溶融によって圧力容器と格納容器が損傷したためか、注入水が原子炉建屋にもれでており、大量の汚染水の処理方法が課題となっています。いずれにせよ外部に空冷の熱交換器を置き、そこを巡る新たな循環回路を構築し、外部からの注水ではない自立した冷却系を作り上げねばなりません。作業員の被曝状況に配慮しつつ、着実な作業がますます重要になっています。
(6月3日作成)

※ 10月3日時点で、1号機、2号機、3号機ともに、原子炉圧力容器底部温度が100℃以下となったことが公表されました。

Ⅱ. 放射性物質が人体へ及ぼす 影響

日常生活のなかの放射線

一年間に自然界から受ける放射線



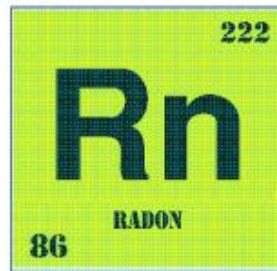
宇宙から
0.39 mSv/y



大地等から
0.48 mSv/y



食べ物から
0.29 mSv/y



呼吸から(ラドン
ガス等吸入)
1.26 mSv/y

自然放射線の年間平均は2.4mSv/年
(1-10 mSv/年)

mSv=ミリシーベルト, 1ミリシーベルト=1,000マイクロシーベルト
UNSCEAR(放射線の影響に関する国連科学委員会)2000より:世界平均



わたしたちは、宇宙・大地・食べ物・呼吸を通して、放射線を受けています。

一年間に、これら自然界から受ける放射線量は、世界平均で、**2.4mSv** (ミリシーベルト) となります。

Sv(シーベルト): 放射線を浴びたときの人体への影響を表す単位
1ミリシーベルト=1,000マイクロシーベルト
1シーベルト=1000ミリシーベルト

私たちの身体にも放射性物質



このうち、食物から受ける放射線は、主にカリウム40に由来します。

放射性物質であるカリウム40は、例えば食パン1kgに30Bq（ベクレル）、ほうれん草1kgに200Bq含まれます。

体重60kgの日本人の場合、カリウム40が、4,000Bq体内にあります。

Bq(ベクレル): 放射能の強さを表す単位

Sv(シーベルト): 放射線を浴びたときの人体への影響を表す単位

$mSv = Bq \times \text{実効線量係数}$

※実効線量係数の説明は、15ページ

体内の放射性物質

カリウム40 ※₁ 4000 Bq

炭素14 ※₂ 2500 Bq

ルビジウム87 ※₁ 500 Bq

鉛・ポロニウム ※₃ 20 Bq

(Bq : ベクレル)
(体重60kg、日本人の場合)

※₁ : 地球起源の核種

※₂ : 宇宙線起源の核種

※₃ : 地球起源のウラン系列の核種

カリウム40以外にも、炭素14、ルビジウム87、鉛・ポロニウムなどの放射性物質が体内にあります。

炭素14は半減期を利用して、骨などから考古学の年代測定等に利用されています。

世界の高自然放射線地域

国名	都市	要因	平均	最高
			(mSv/y)	
中国	広東省 陽江県	トリウムを含む砂	3.5	5.4
インド	ケララ州	//	3.8	35
ブラジル	ガラパリ	//	5.5	35
イラン	ラムサール	温泉の噴出による ラジウム	10.2	260



<http://www.taishitsu.or.jp/genshiryoku/gen-1/1-ko-shizen-2.html>

世界には、自然放射線の高い地域があります。

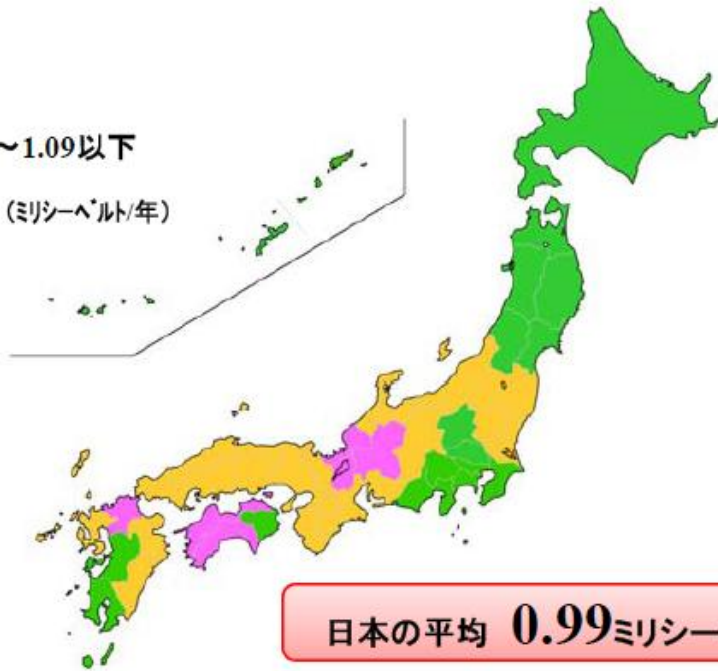
トリウムを含む砂により放射線の高い地域が、中国やインド、ブラジルにあります。イランのラムサールでは、温泉の噴出によるラジウムから、一年間に平均10.2mSvの放射線量を受けています。

これらの地域で、健康被害は報告されていません。

日本国内の年間自然放射線の量

宇宙、大地からの放射線と食物摂取によって受ける放射線量
(ラドンなどの吸入によるものを除く)

- 0.99以下
- 1.00以上～1.09以下
- 1.10以上 (ミリシーベルト/年)



原子力安全技術センター「放射線の基礎」より引用・改変

日本国内では、宇宙・大地からの放射線と食物摂取により、一年間に平均0.99mSvの放射線をうけています。呼吸による吸入は除いた数値です。

中央アルプスの辺りで線量が高いのは、岩盤に含まれている鉱物が要因になっています。

病気の検査や診断で受ける放射線の量

	診断部位	実効線量 (mSv)
一般X線	頭 部 (直接撮影)	0.1 ^{*1}
	胸 部 (直接撮影)	0.4 ^{*1}
	胃 部 (バリウム)	3.3 ^{*1}
X線CT	頭 部	2.4 ^{*2}
	胸 部	9.1 ^{*2}
	上腹部	12.9 ^{*2}
	下腹部	10.5 ^{*2}
集団検診	胃 部 (透視)	0.6 ^{*3}
	胃 部 (撮影)	0.07 ^{*3}
	胸 部 (撮影)	0.06 ^{*4}

*1丸山隆司、岩井一男、西沢かな枝、野田豊、隈元芳一；X線診断による臓器・組織線量、実効線量および集団実効線量
RADIOISOTOPES, Vol. 45, No. 12, 23-34, 1996

*2西沢かな枝、松本雅紀、岩井一男、丸山隆司；CT検査件数及びCT検査による集団実効線量の推定
日本医学放射線学会雑誌 64, 67-74, 2004

*3国民線量推定のための基礎調査(XXIII) 平成12年3月 放射線影響協会

*4丸山隆司；Radiat. Prot. Dosim, 43, 213-216, 1992

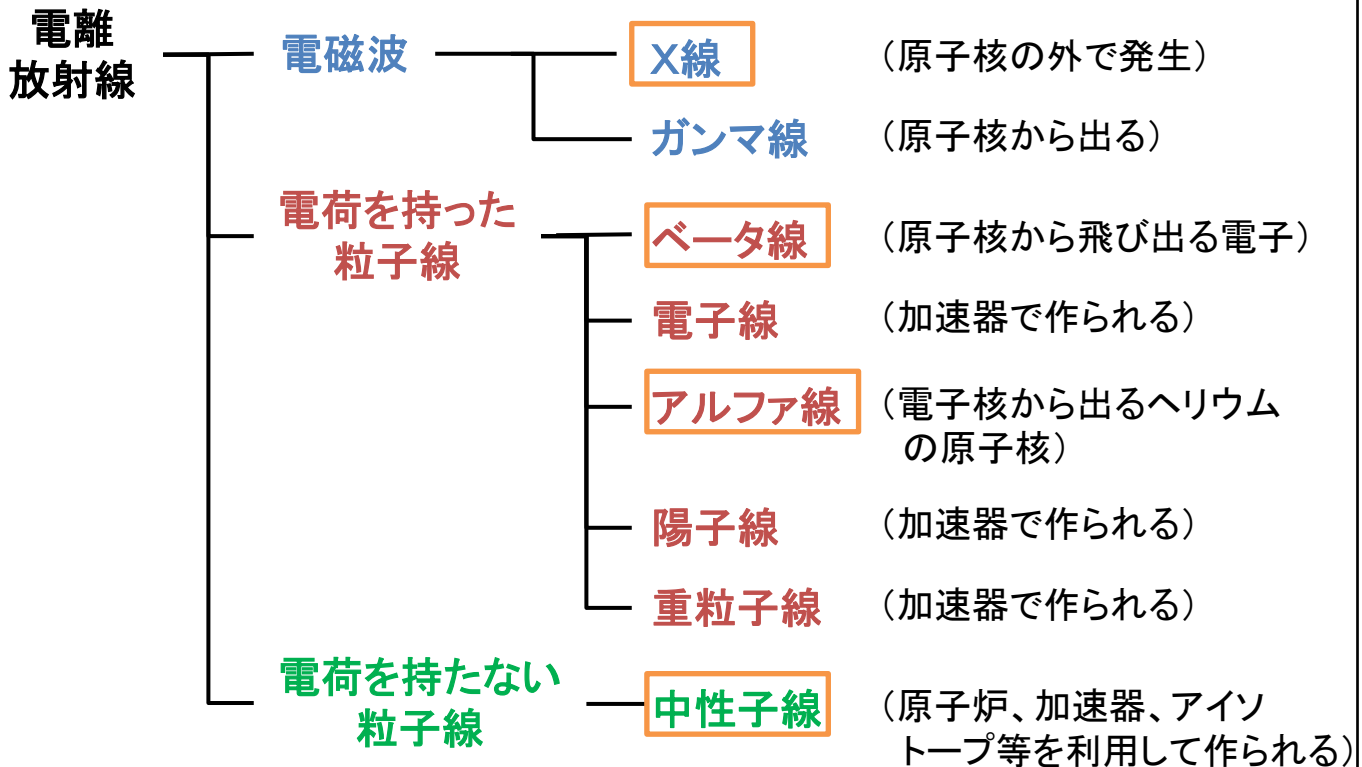
病気の検査や診断で受ける放射線の量はどれくらいでしょうか。

一回の検査で、バリウムを使った胃のX線撮影では3.3mSvの放射線量を受けます。

ただこの場合は、体内異常の有無や病状の変化などの情報を得られ、利益を受けることができます。

放射線の種類と性質

放射線の種類



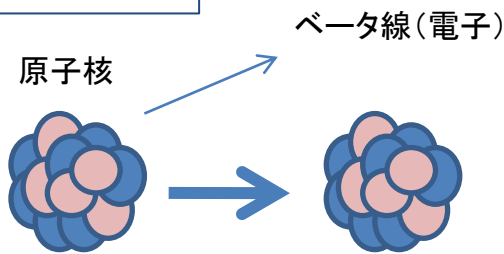
放射線の種類には、電磁波と粒子線とがあり、粒子線には電荷を持ったものと、持たないものがあります。

このなかで、原子核から出る放射線として、ガンマ線、ベータ線、アルファ線があります。

放射線: 空間を伝わる高速のエネルギーの流れ
放射能: 放射性物質の放射線を出す能力

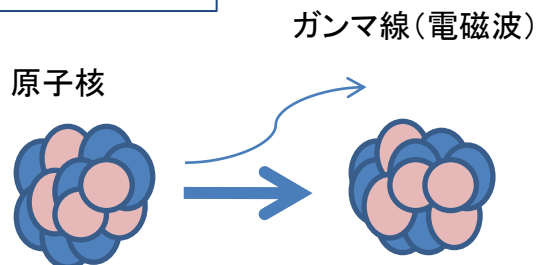
放射線の放出：原子核の崩壊

ベータ崩壊



原子核の中性子1個が陽子と電子に変わることにより、ベータ崩壊が起きる。このとき、放出される電子の流れがベータ線である。

ガンマ崩壊



アルファ崩壊、ガンマ崩壊した直後の不安定な原子核が、余分なエネルギーを電磁波として放出するもの。放出される電磁波がガンマ線。

● 陽子 ● 中性子

不安定な原子核から、安定した原子核へ、
時間の経過による変化(崩壊)



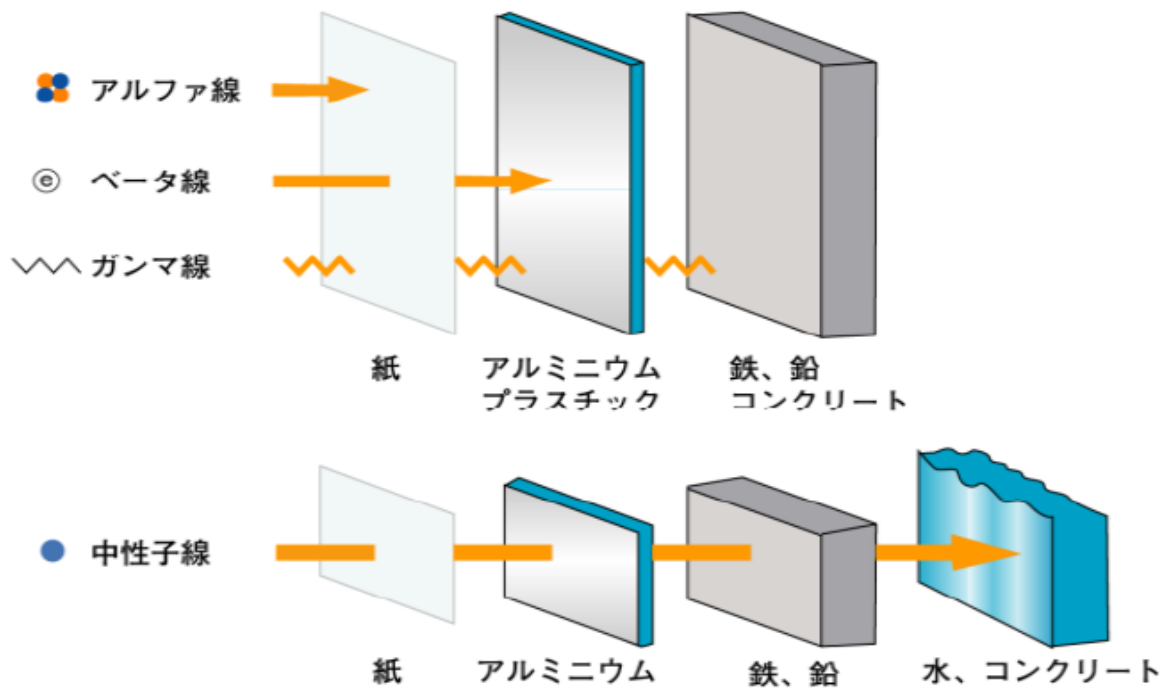
粒子(電子など)や電磁波などの放射線の放出

ウランやラジウムなど、原子核には不安定で時間の経過とともに、より安定した原子核に変化してゆくものがあります。自然界で起こっている現象です。

このように原子核が自然に変化することを崩壊(壊変)といい、このときに放射線が放出されるのです。

代表的な崩壊には、上の図のようにベータ線をだすベータ崩壊、ガンマ線をだすガンマ崩壊の他に、アルファ線をだすアルファ崩壊などがあります。

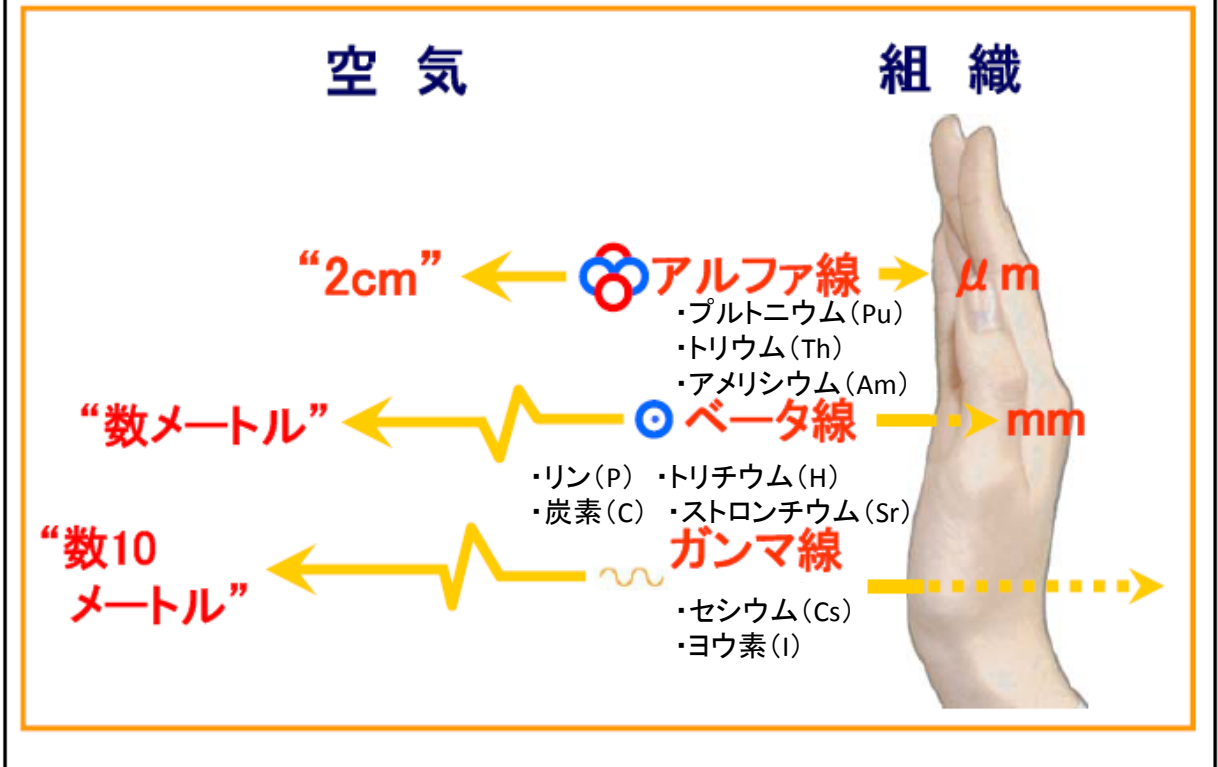
放射線の透過力



図は、原子核から放出される、アルファ線・ベータ線・ガンマ線が物質を透過する力を示しています。

ガンマ線は透過力が非常に大きく、鉄、鉛、コンクリートも1cm以下では一割未満しか放射線を防ぐことができず、1cm以上でようやく防ぐことができます。

放射線の透過性



絵は、人の体の組織の放射線透過性をあわらしています。

アルファ線は、人に照射しても体組織の内はマイクロメートル (1/1000 mm) 程度しか透過しません。

ベータ線は、皮膚についたときには、やけどを生じる可能性があります。

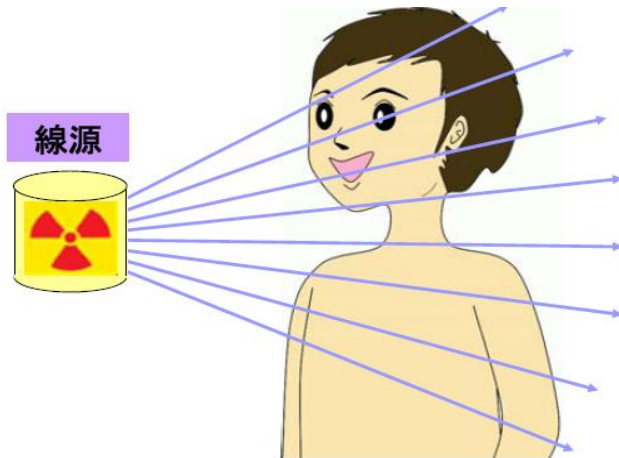
ガンマ線・X線・中性子線は、透過性が非常に高く、組織の内部まで透過するため、医療に適用されています。

セシウム・ヨウ素はガンマ線を出します。

放射線の人体への影響

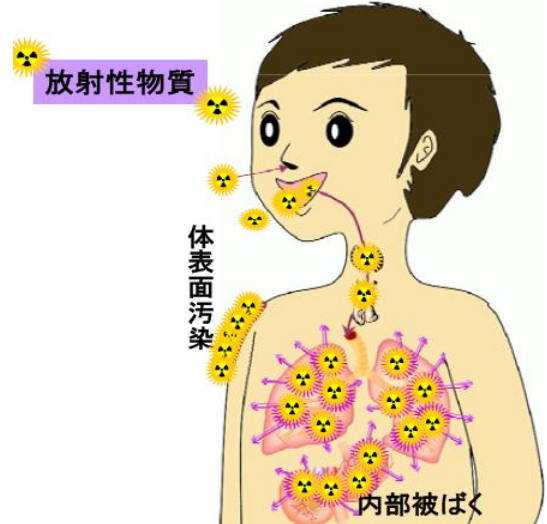
被ばくの種類

外部被ばく



人の体表面や体内には放射性物質がなく、その人から被ばくすることはありません

汚染



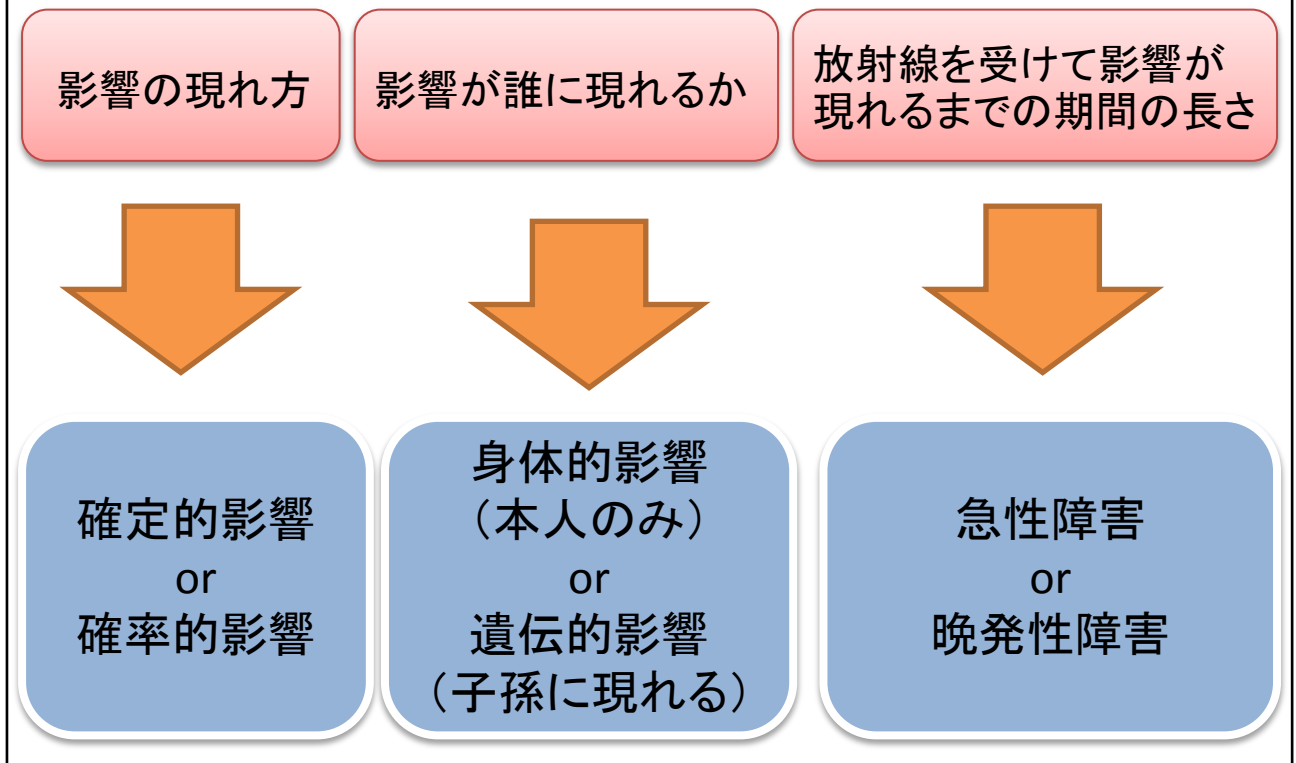
放射性物質が身体に付着するか(体表面汚染)、体内に摂取(内部被ばく)

人の被ばくは、「外部被ばく」と「汚染」に大別されます。

「外部被ばく」とは、放射線を離れたところから浴びた場合です。体表面や体内に放射線物質はなく、被ばくした人から被ばくすることはありません。

放射性物質が身体に付着したり、体内に摂取した場合を「汚染」といいます。体に付着した場合を「体表面汚染」、体内に摂取した場合を「内部被ばく」といいます。食品を介した放射性物質による健康への影響は、内部被ばくに相当します。

放射線の人体への影響

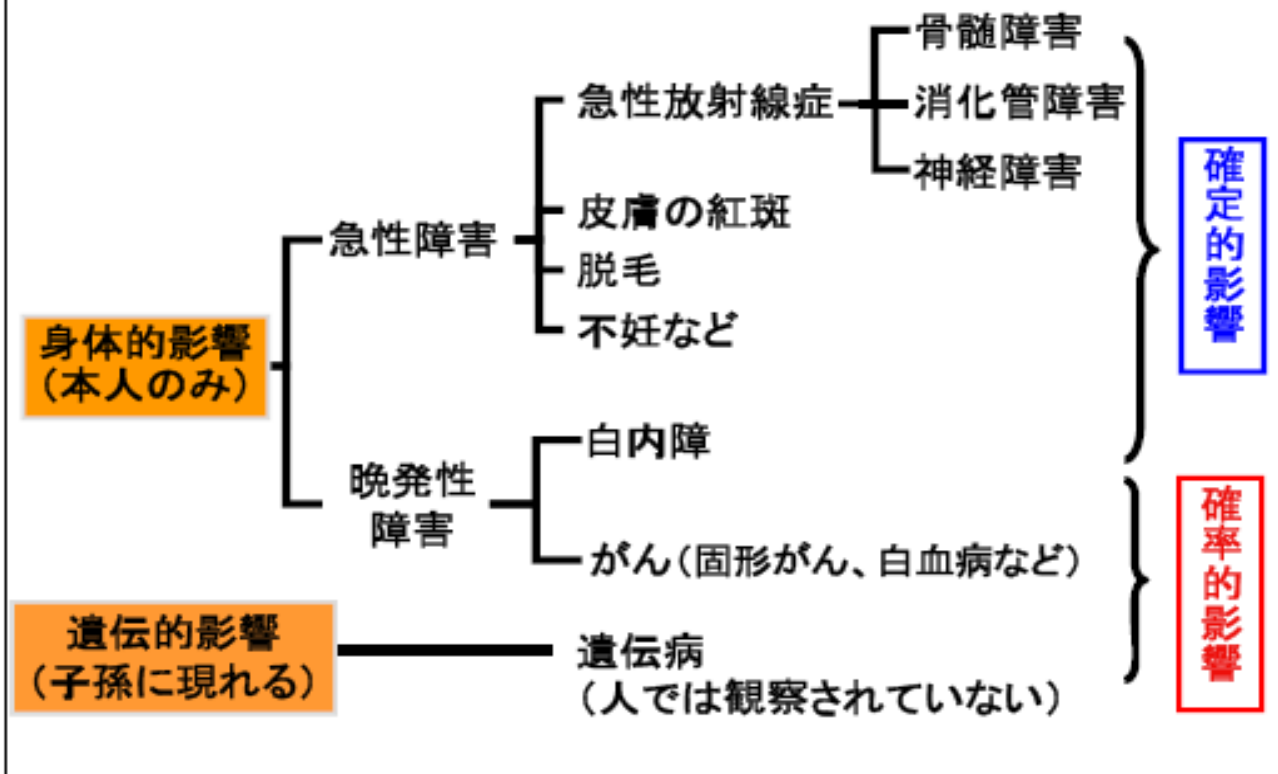


放射線の人体への影響は、影響の現れ方からみて、「確定的影響」と「確率的影響」があります。

また、誰に影響が現れるかからみると、本人のみに現れる「身体的影響」と子孫に現れる「遺伝的影響」があります。

さらに、影響が現れるまでの期間の長さからみると、短時間に高い線量を受けた場合に、数週間以内にあらわれる「急性障害」と、かなり長い期間をへてあらわれる「晩発性障害」にわけられます。

放射線の人体への影響



図は、放射線の人体への影響が、誰にどのように現れるかの関係を示したものです。

本人だけに現れる、急性障害の脱毛などは、「確定的影響」として現れます。

晩発性障害のがんや、子孫に現れる遺伝病などは、「確率的影響」として現れるものです。

なお、遺伝病は、長崎・広島の前爆被爆者の二世調査の結果からは見受けられず、人では観察されていません。

放射線の人体への影響 ～影響の現れ方～

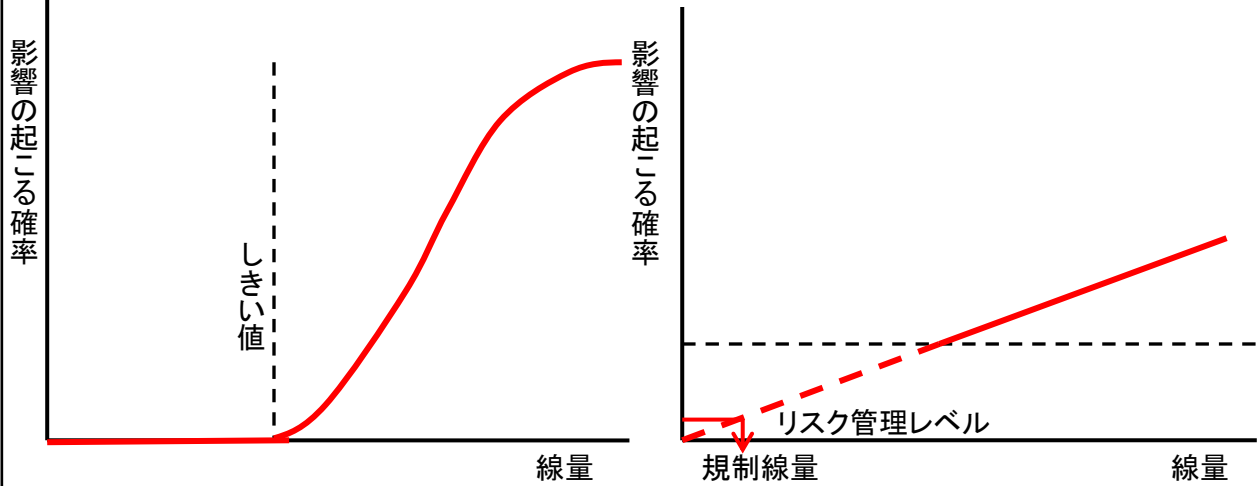
確定的影響

放射線量(大)

確率的影響

放射線量(小)

影響の大きさは、浴びた放射線の量による



他の危害因子と同じように、放射線の人体への影響の大きさは、曝された放射線の量によって決まります。また、影響が起こる可能性は、ある割合や頻度でとらえられます。それが「影響の起こる確率」です。上図のように、放射線の量が多くなると影響の起こる確率も高くなります。

この放射線の量と影響の確率の高さとの関係の現れ方に、「確定的影響」と、「確率的影響」との二種類があります。

「確定的影響」では、人体への影響に一定のしきい値があり、それ以下では健康影響が出る可能性がありません。

他方、「確率的影響」ではしきい値がみられません。ある線量を超えると、統計学的に機能障害を引き起こす可能性が高くなるため、そのレベル以下で規制線量が管理されています。

放射線の人体への影響～確定的影響～

放射線の確定的影響のしきい値の推定値

しきい値: 臨床的に異常が明らかな症状のしきい線量(1%の人々に影響を生じる線量)

影響	器官/組織	発症までの期間	受けた線量 (Gy) ^e (β,γ線: Gy=Sv)
罹患率:			1%の人に生じる
一時的な不妊	精巣	3-9週間	~0.1 ^{a,b} =100mSv
永久不妊	精巣	3週間	~6 ^{a,b}
永久不妊	卵巣	<1週間	~3 ^{a,b}
造血能低下	骨髄	3-7日間	~0.5 ^{a,b}
皮膚の発赤	皮膚(広範囲)	1-4週間	<3-6 ^b
放射線熱傷	皮膚(広範囲)	2-3週間	5-10 ^b
一時的な脱毛	皮膚	2-3週間	~4 ^b
白内障(視力障害)	水晶体	数年	~1.5 ^{a,c}

a ICRP(1984) b UNSCEAR(1988)
c Edwards and Lloyd(1996) d Scott and Hahn(1989),Scott(1993)
e Most values rounded to the nearest Gy; ranges indicate area dependence for skin and differing medical support for bone marrow

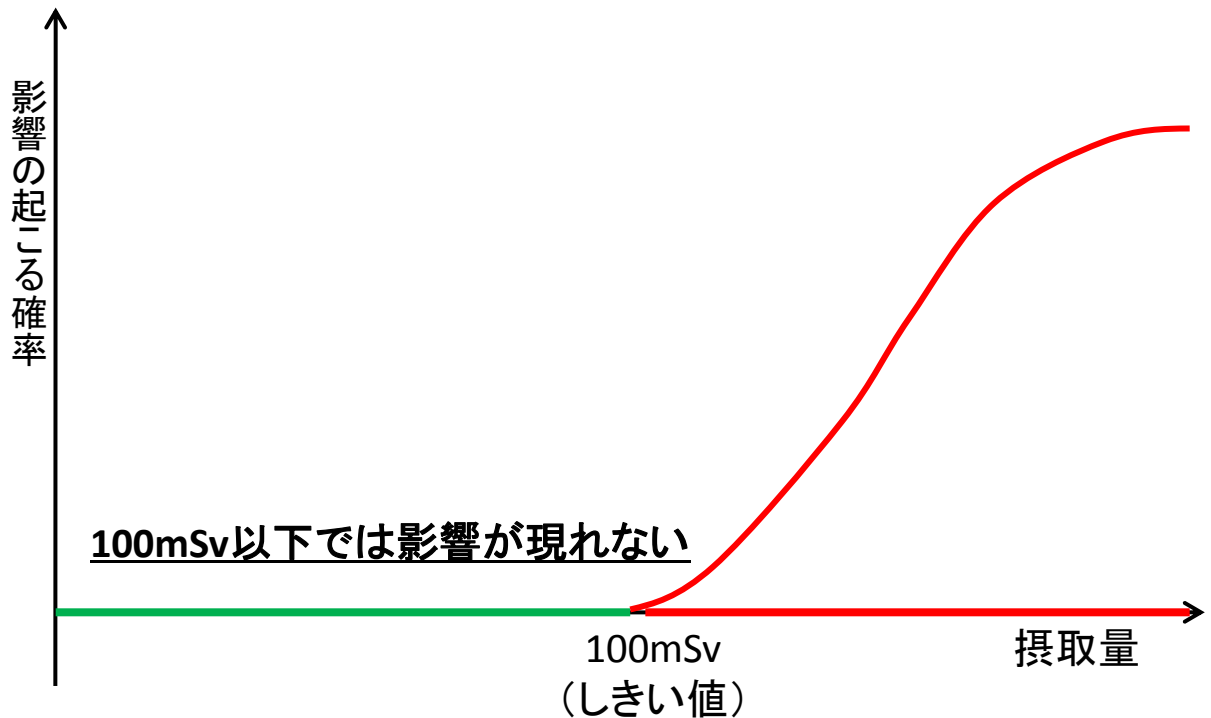
人の組織に対する放射線の確定的影響では、1%の人に影響が生じる線量をしきい値(閾値)としています。

線量はGy(グレイ)で表されていますが、ベータ線、ガンマ線は、1Gy=1Svであるので、このデータからは、0.1Gy(グレイ)、つまり100mSv以下では特に問題となる症状は発症していないと報告されています。

Gy(グレイ): 放射線を浴びたときに、物体が吸収するエネルギーを表す単位
1Gy=1J(ジュール)/1kg

ベータ線、ガンマ線は、
1Gy=1Sv (吸収するエネルギーの単位量と影響の単位量が同じ)

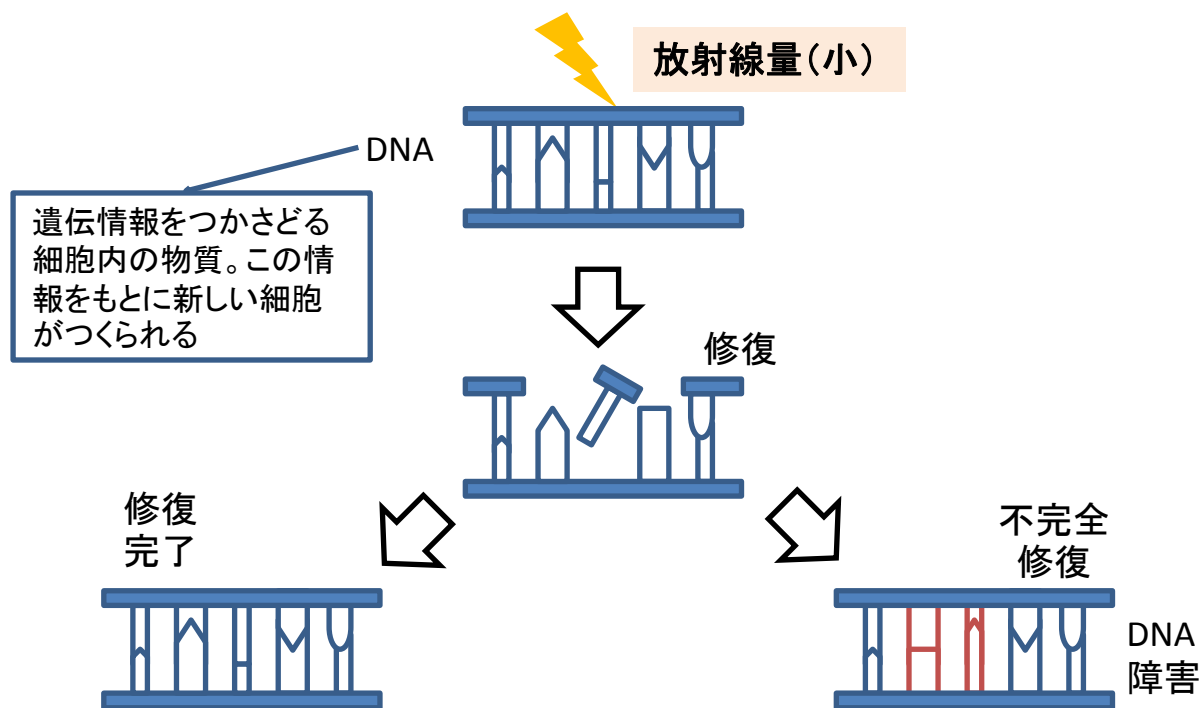
放射線による人体への確定的影響



前の表から読みとれるように、確定的影響では、しきい値が存在すると考えられ、しきい線量を100mSvに設定しています。これ以下では、皮膚障害や脱毛などの影響は表れません。

確率的影響のメカニズムと程度

確率的影響：放射線によるDNAの破壊と修復



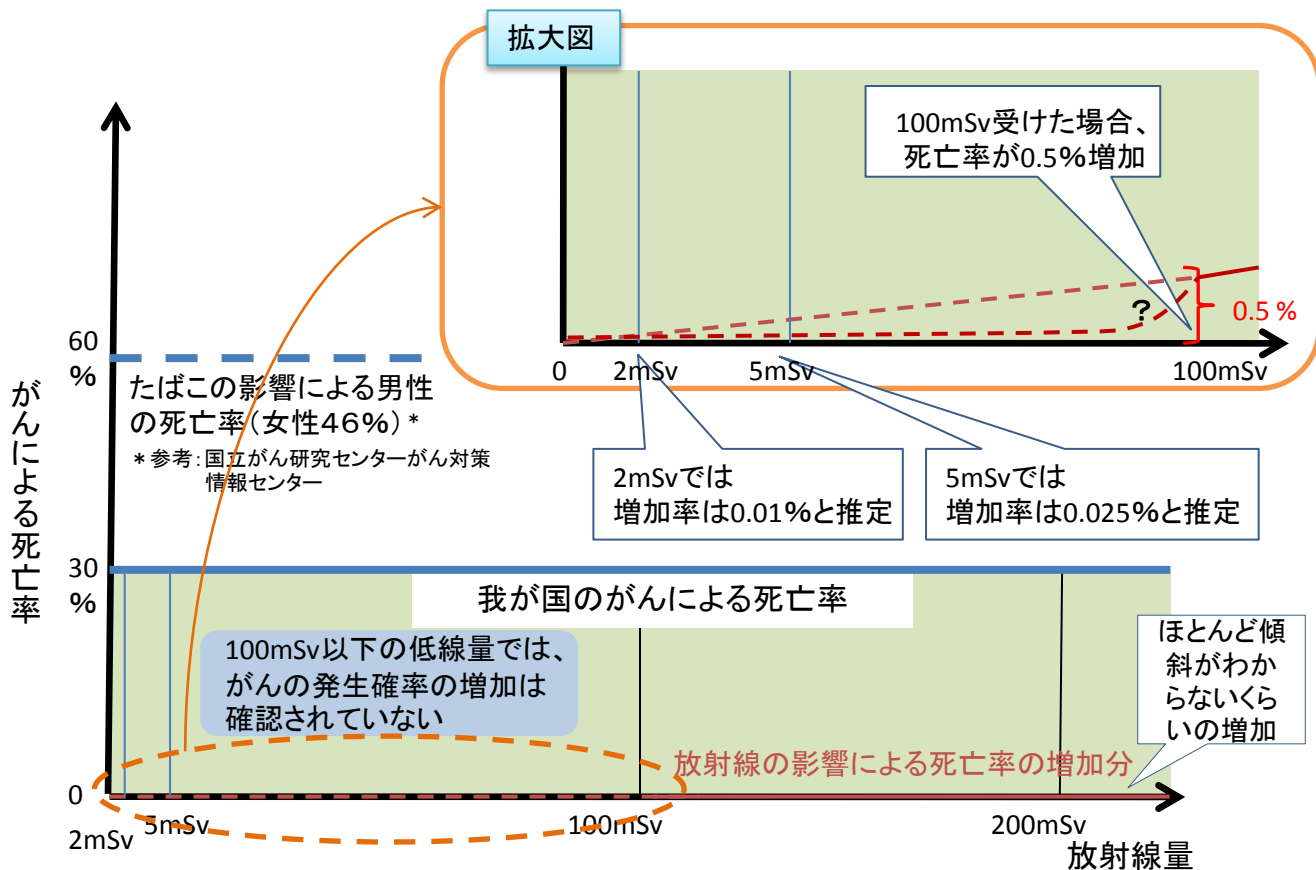
放射線が人体に及ぼす影響のうち、確率的影響についてのメカニズムをDNAレベルで説明します。

DNAは遺伝情報をつかさどる細胞内の物質です。DNAの情報をもとに新しい細胞がつけられます。

DNAは元々、修復機能をもっており、少量の放射線を浴びた場合には、DNAの修復機能が働き、損傷部分を修復し、元に戻ります。

ところが、この修復が不完全に行われた場合、DNA障害を引き起こします。このように不完全修復されたDNAが発ガンの要因となります。

放射線による人体への確率的影響(がん等)



次に、確率的影響があらわれる程度について説明します。

ICRP（国際放射線防護委員会）によれば、放射線量とがんによる死亡率の関係は、右上の拡大図に示したように、年間で100mSv以上の放射線を浴びた場合、死亡率が増加することが分かっています。100mSvで0.5%の増加。

しかし、100mSvより低い線量では、がんによる死亡率が増加する可能性があります。現在の科学では明確な答えが出ていません。そこで、低線量でも死亡率が直線的に増加すると仮定した場合、5 mSvでは0.025%、2 mSvでは0.01%増加すると推定されます。

その大きさをつかむために、グラフにがんの死亡率を示しました。がんの死亡率は約30%です。それに対して、100mSv、200mSvの放射線を浴びた場合のがんの死亡率の増加は、ほとんど傾斜がわからない程度です。

100mSvの被ばくによるがん死亡率の増加

我が国の悪性新生物による死亡は、死因の30.1%
(平成21年(2009)人口動態統計(確定数))
=死亡者1000人中301人が悪性新生物で死亡



100mSvの被ばくで「悪性新生物による死亡率が0.5%増加」
=死亡者1000人につき悪性新生物による死亡が5人増加



死亡者1000人中301 + 5 = 306人が悪性新生物で死亡

上記の数字は、がんの死亡率と放射線の影響によるがんの死亡率の増加を、実人数であらわしてみたものです。

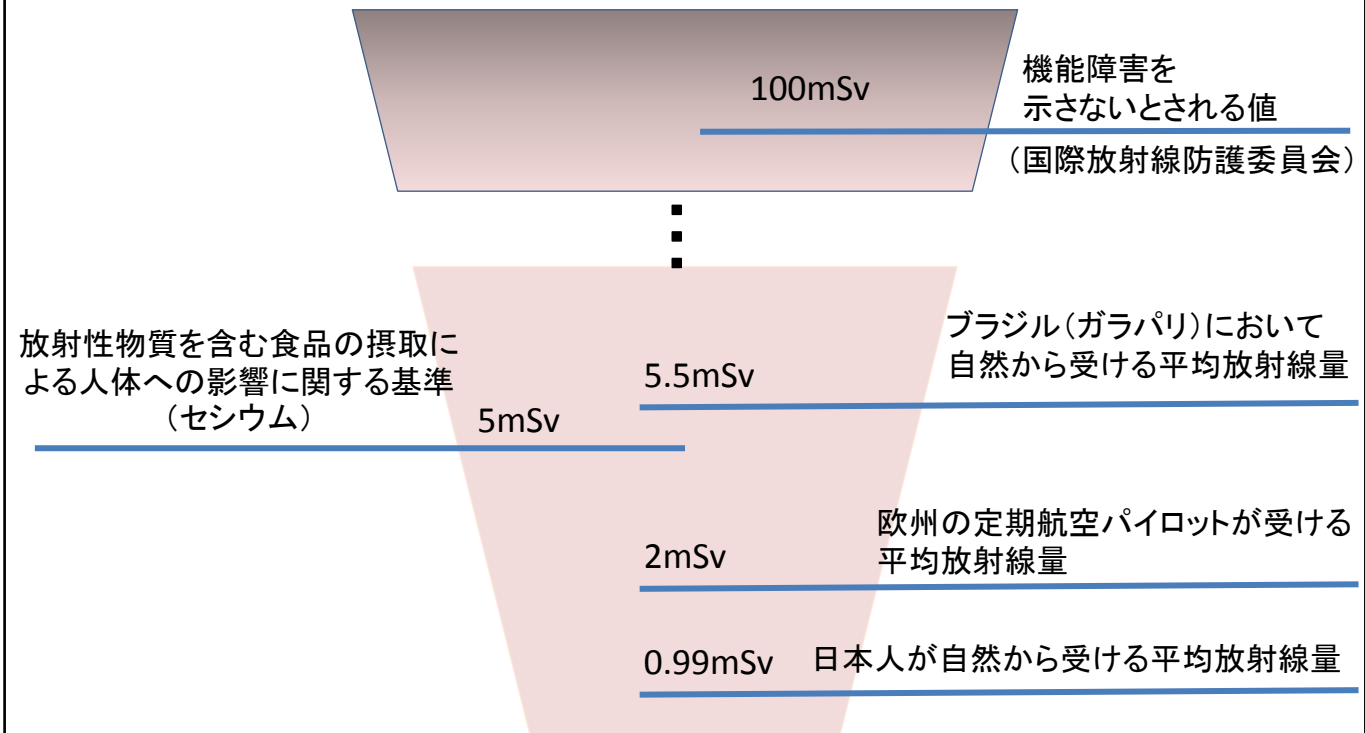
がんによる死亡が死因の30.1%を占めるということは、死亡者1000人中301人ががんで死亡しているということです。

前ページで説明した、100mSvの被ばくで「がんによる死亡率が0.5%増加」ということは、100mSv被ばくするとがんによる死亡が5人増加し、死亡者1000人中306人ががんで死亡するという事です。

Ⅲ. 食品を介した放射性物質の 人体への影響とその規制基準

飲食物中の放射性物質

一年間にうける放射線量



図には、1年間にうける放射線量を示しています。わたしたちは、どの程度の放射線量を受けているのかを考えてみましょう。

まず、日本人は自然から0.99mSvの放射線量をうけています。ブラジルのガラパリでは、もっと高い5.5mSvの自然放射線量を受けて生活しています。欧州の定期航空パイロットの年間放射線量は2 mSvです。

今回、食品衛生法により定められた、放射性物質を含む食品の摂取による人体への影響に関する規制基準は、セシウムは年間5 mSvと設定されており、ガラパリの自然放射線量より低いことがわかります。現在、国際放射線防護委員会は、1年間にうける放射線量が100mSvを超えなければ、医学的に意味のある機能障害を示さないとしています。

放射性物質を含む食品の摂取による人体への影響に関する基準の考え方

放射性セシウム

- 自然環境下においても 10mSv 程度の暴露が認められている地域が存在。10～20mSv までなら特段の健康影響は考えられないことから、食品由来の放射線曝露を防ぐ上でかなり安全側に立ち、年間 5mSv と評価

放射性ヨウ素

- 1988年に、WHOは、甲状腺照射後の非致死性がんの発生や、ヨウ素131 が潜在的に甲状腺だけに照射する能力から、甲状腺等価線量として50mSv という制限値を取ることとしたとの見解

※食品安全委員会「放射性物質に関する緊急とりまとめ」から抜粋

食品に含まれる放射性物質の規制基準の説明に移ります。

放射性セシウムについては、自然環境下でも10mSv程度の曝露がみられる地域があること、10～20mSvまでなら特段の健康影響は考えられないことから、かなり安全側に立って、規制値は実効線量で年間5mSvにされています。

放射性ヨウ素については、1988年にWHOが、甲状腺照射後の非致死性がんの発生や、ヨウ素131が潜在的に甲状腺だけに照射する能力があることを踏まえ、甲状腺部の等価線量として年間50mSv（実効線量として2mSvに相当）が規制基準値とされました。

等価線量：放射線の種類やエネルギーを問わず、人体の組織ごとの影響を表す量。

等価線量 = 吸収線量 × 放射線荷重係数 単位：シーベルト(Sv)

※放射線過重係数とは、放射線の種類による影響の違いを考慮するもの

実効線量：放射線被ばくによる全身の健康影響を評価するための量。

実効線量 = Σ 人体各組織の等価線量 × 組織荷重係数 (Σ は総和) 単位：シーベルト(Sv)

※組織過重係数とは、組織による影響の違いを考慮するもの

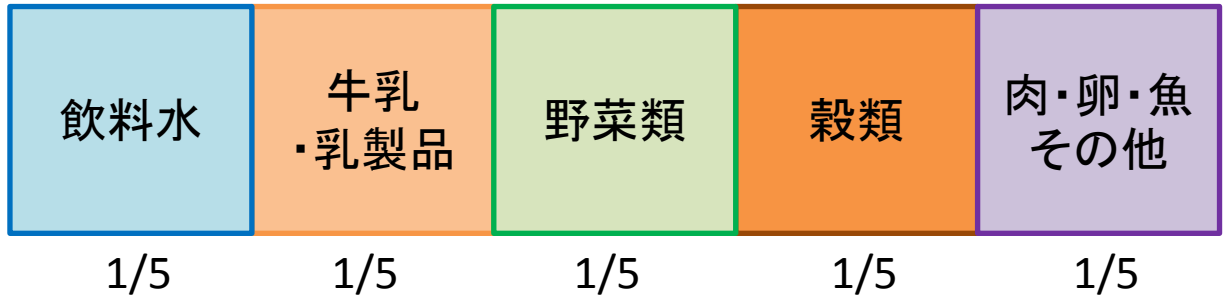
吸収線量：物質1Kgあたりに放射線から受けたエネルギー量

単位：グレイGy 1Gy = 1J(ジュール)/1kg = 0.24 cal(カロリー)

原子力安全委員会による 飲食物摂取制限に関する指標の考え方(1)

放射性セシウム

- 実効線量5mSv／年を、各食品カテゴリーに均等に1/5ずつ割り当て
- 各食品カテゴリー毎に、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs についての摂取制限指標を算出



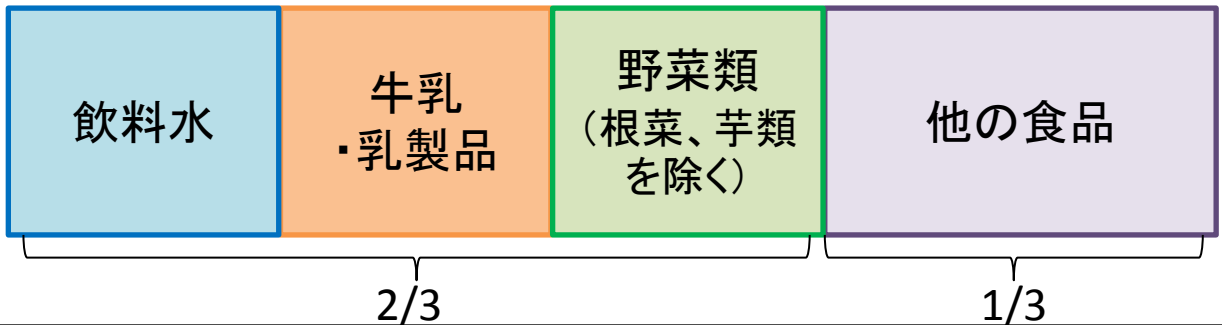
平成23年4月4日 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会(資料1)

放射線セシウムは、基準値の5 mSvを、5つの食品カテゴリー毎に均等に割り振って、基準が算定されています。(全身を対象)

原子力安全委員会による 飲食物摂取制限に関する指標の考え方(2)

放射性ヨウ素

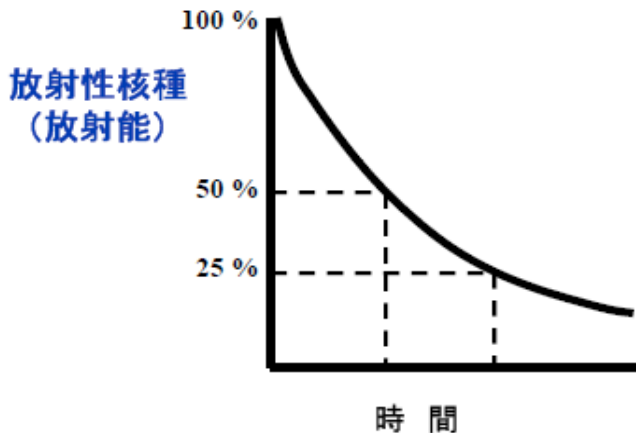
- 国際放射線防護委員会(ICRP)publicationによる甲状腺(等価)線量50mSv/年を基礎
- 甲状腺(等価)線量に相当する各食品カテゴリー毎の摂取制限指標(単位摂取量当たりの放射能)を算出



放射線ヨウ素については、規制値の50mSv/年の2/3を規制対象の食品カテゴリーに割り振って、各食品カテゴリーの基準を策定しています。1/3はその他の食品から摂取されることを考慮しています。(甲状腺のみを対象)

食品に含まれる放射性物質の 具体的な規制値の算定

物理学的半減期



核種:半減期
ヨウ素131:8.0日
セシウム137:30年

生物学的半減期



核種:半減期
ヨウ素131:80日(甲状腺)
セシウム137:70-100日

実効半減期

放射性物質(核種)は、崩壊によって、放射線を出す能力(放射能)が時間とともに減少していきます。この放射能が半分になるまでの時間を、「物理的半減期」といいます。ヨウ素-131は8日間、セシウム-137は30年ということがわかっています。

また、体内に入った放射性物質は排泄によっても減っていきます。半分の量になる時間を「生物学的半減期」といいます。ヨウ素-131は甲状腺で80日間、セシウム-137は70-100日ということがわかっています。

体内に取りこまれた放射性物質の減少時間は、その両方をあわせた「実効半減期」となります。

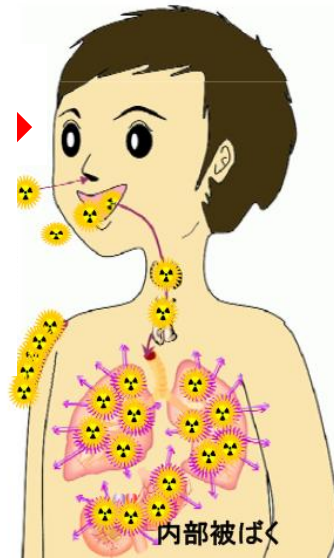
食品に含まれる放射性物質の 具体的な規制値の算定

— 飲食物からの線量評価 —

摂取飲食物に含まれる放射性物質質量



○Bq/kg



実効線量係数



○Sv

Bq(ベクレル): 放射能の強さを表す単位

飲食物から受ける放射線量

飲食物から受ける放射線量の大きさは、摂取した飲食物に含まれる放射性物質の量 (○Bq/kg) に、「実効線量係数」をかけることによって計算できます。単位はSvで表されます。

食品中の放射性物質の規制値は、これとは逆の順序で算出することになります。飲食物から受ける放射線量が、30頁、31頁でみた放射性セシウムの実効線量や放射性ヨウ素の等価線量の規制値に収まるようにするには、どの程度の放射性物質の量に押さえることが必要か、実効線量係数をもちいて実効線量 (Sv) を放射性物質質量 (Bq) に換算し、日常の飲食物の摂取量を考慮して、算出されます。

実効線量係数: 摂取した放射性物質の量と被ばく線量の関係を表す係数。
放射性物質の種類、成人、幼児、乳児によって異なる。

経口摂取量 1 Bqあたりの実効線量係数

		成人	幼児(5歳)	乳児
⁸⁹ Sr	(実効線量)	2.6×10^{-6}	8.9×10^{-6}	3.6×10^{-5}
⁹⁰ Sr	(")	2.8×10^{-5}	4.7×10^{-5}	2.3×10^{-4}
¹³² Te	(甲状腺等価線量)	2.9×10^{-5}	1.6×10^{-4}	6.2×10^{-4}
¹³¹ I	(")	4.3×10^{-4}	2.1×10^{-3}	3.7×10^{-3}
¹³² I	(")	3.4×10^{-6}	1.9×10^{-5}	4.0×10^{-5}
¹³³ I	(")	8.3×10^{-5}	<u>4.6×10^{-4}</u>	<u>9.8×10^{-6}</u>
¹³⁴ I	(")	5.5×10^{-7}	<u>3.1×10^{-6}</u>	<u>6.5×10^{-6}</u>
¹³⁵ I	(")	1.6×10^{-5}	<u>8.9×10^{-5}</u>	<u>1.9×10^{-6}</u>
¹³⁴ Cs	(実効線量)	1.9×10^{-5}	1.3×10^{-5}	2.6×10^{-5}
¹³⁷ Cs	(")	1.4×10^{-5}	9.7×10^{-6}	2.1×10^{-5}
²³⁸ Pu	(")	2.3×10^{-4}	3.1×10^{-4}	4.0×10^{-5}
²³⁹ Pu	(")	2.5×10^{-4}	3.3×10^{-4}	4.2×10^{-3}
²⁴⁰ Pu	(")	2.5×10^{-4}	3.3×10^{-4}	4.2×10^{-3}
²⁴¹ Pu	(")	4.8×10^{-6}	5.5×10^{-6}	5.7×10^{-5}
²⁴¹ Am	(")	2.1×10^{-4}	2.8×10^{-4}	3.7×10^{-3}

下線 の数値は¹³²Iでの比から近似

実効線量係数は、放射性物質（核種）によって異なります。また、成人、幼児、乳児によって異なっています。上の表はその一覧です。

年齢層1日当りの飲食物摂取量

(Kgまたはリットル)

飲食物の種類	成人	幼児	乳児
飲料水	1.65 ¹⁾	1.0 ²⁾	0.71 ³⁾
牛乳、乳製品 ⁴⁾	0.2	0.5	0.6
野菜類 ^{5), 6)}	0.6	0.25	0.105
穀類 ^{6), 8)}	0.3	0.11	0.055
肉、卵、魚介類、その他 ^{7), 8)}	0.5	0.105	0.05
全食品(飲料水を除く)	1.6 ⁹⁾	0.965	0.81 ¹⁰⁾

- 1) ICRP Publ. 23による、一日当り総水摂取量3000 ml から、牛乳300 ml を除いた数字。結局、水道水150 ml とその他1500 ml の和である。
- 2) 幼児についての値は、“原子力発電所周辺の防災対策について”(昭和55年6月、平成元年3月改定、原子力安全委員会) p.43 の幼児の1日当り飲料水摂取量によった。
- 3) IAEA SS 81の1年当り260リットル(p.63 のWater and beverages)を用いた。
- 4) “発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針”(原子力安全委員会)第5表によった。
- 5) 葉菜、果花菜、きのこ、果実、海藻、及び、根菜、芋類。
- 6) 米、豆類等、可食部が地上部にあつて殻で覆われている食品群として一括。
- 7) 牛乳を除く動物蛋白質食品、牛肉以外の汚染レベルは低いと考えられる。
- 8) 付表3.2及び付表3.3によった。
- 9) 厚生省「国民栄養調査」昭和59年と60年の平均は、1.35 kg である(参考値)。
- 10) WHO、“Derived Intervention Levels for Radionuclides in Food”(1988)で乳児は、1年に275 kg の牛乳と275 kg の水を摂取するとしている。その牛乳の275 kg を1日当りにすると0.75 kg となる。

人々が一日当たりどれくらいの量の飲食物を摂取するかは、厚生労働省の国民栄養調査等を用いて、成人、幼児、乳児それぞれの年齢層別に計算できます。

食品衛生法の暫定規制値

核種	食品衛生法(昭和22年法律第233号)の規定に基づく食品中の放射性物質に関する暫定規制値(Bq/Kg)	
放射性ヨウ素	飲料水	300
	牛乳・乳製品 注)	
	野菜類(根菜、芋類を除く)	2,000
	魚介類	
放射性セシウム	飲料水	200
	牛乳・乳製品	500
	野菜類	
	穀類	
	肉・卵・魚・その他	
ウラン	乳幼児用食品	20
	飲料水	
	牛乳・乳製品	
	野菜類	100
	穀類	
	肉・卵・魚・その他	
プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種	乳幼児用食品	1
	飲料水	
	牛乳・乳製品	
	野菜類	10
	穀類	
	肉・卵・魚・その他	

注) 100Bq/Kgを超えるものは、乳児用調整粉及び直接飲用に供する乳に使用しないよう指導すること。

以上のようにして算定されたものが、上の表に示した、厚生労働省から出された現在の暫定規制値です。

放射線量の体内蓄積①(放射性セシウム)

- 1年間に摂取した全ての飲食物が食品衛生法の暫定規制値に該当していた場合の影響（実効半減期を考慮しないで算出）
- 実効半減期を考慮しなくても、ほぼ暫定規制値と等しい値



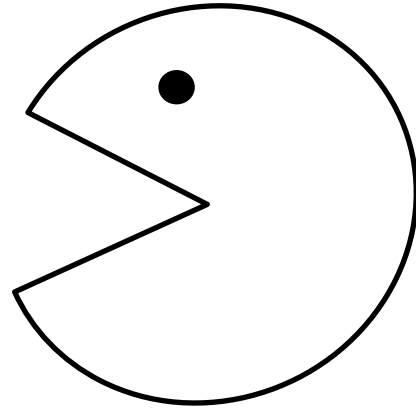
成人: 5.4mSv
幼児: 1.8mSv
乳児: 2.8mSv

暫定規制値のレベルをわかりやすくするために、もし飲食物に規制値どおり含まれていたとしたとき、規制値の対象となる飲食物を、1年間毎日摂取したとして、どれくらいの量が体内に蓄積するかを計算してみました。

放射性セシウムについてみると、1年間に受ける放射線量は、成人5.4mSv、幼児1.8mSv、乳児2.8mSvとなります。ただしこれは、実効半減期を考慮していないため実際の値より高い値となっています。

放射線量の体内蓄積②(放射性セシウム)

- 摂取制限指標を超過するには、どれくらいの量の規制対象の野菜類を食べることが必要か
- 毎日2Kgを1年間摂取する必要



$$2\text{Kg} \times 365\text{日} \approx 5\text{mSv}$$

例:キャベツ(中:1kg)で2個程度



さらに、放射性セシウムについて、摂取制限指標である5 mSvを超過するのは、どれくらいの量の野菜を食べたときかを計算してみました。

野菜の場合、規制値のセシウムを含む野菜を、毎日2kg(キャベツでは2個程度)、食べたときようやくその量に達します。