

身の回りにおける放射能と放射線について基礎知識を学ぶ

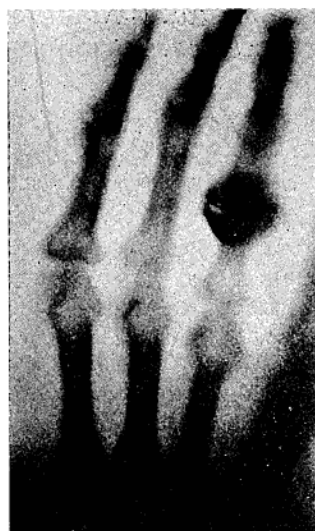
九州大学アイソトープ総合センター
百島則幸

平成26年度環境カウンセラー研修(九州地区)
平成26年11月17日
主催: 環境省九州地方環境事務所
場所: 熊本合同庁舎B棟

1

放射線の発見

近代医療で使用されるX線
(レントゲン写真)。
人類への貢献は計り知れない



指輪が写っている

レントゲンがX線で撮影した写真
(1895年12月22日撮影、
ミュンヘン、ドイツ博物館)

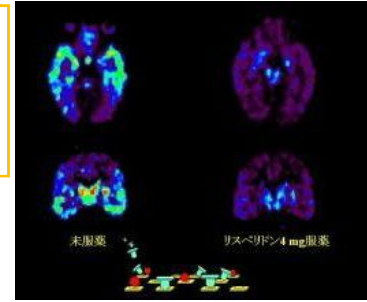
<http://www.wilhelmconradroentgen.de/>

【出典】 エミリオ・セグレ、久保亮五、矢崎裕二（訳）：
X線からクォークまで、みすず書房（1982年）

2

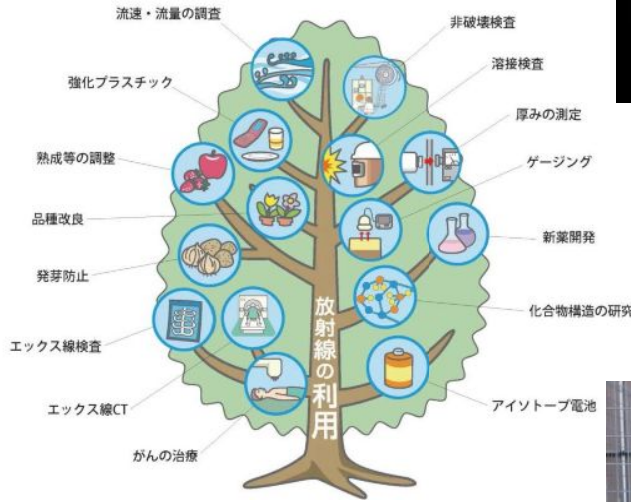
放射線のいろいろな利用

PETは、**ポジトロン(陽電子)**を放出する**薬剤(放射性医薬品)**を用い、**薬剤が体内を移動して心臓や脳などに集積する様子**を、**薬剤から放出されるガンマ線を検出し、コンピュータで処理して断層画像とする方法。**



堆積物の年代測定

放射線によって、強度を強化したラジアルタイヤ



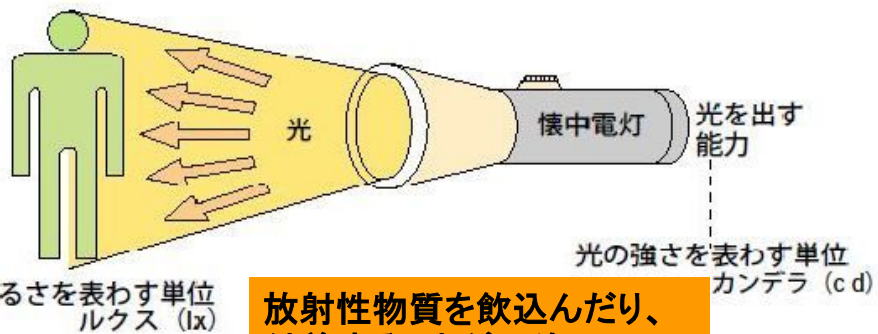
X線CT検査

環境放射線モニタリングポスト
環境放射線連続測定



放射能と放射線は違うのだろうか？

放射能と放射線



放射性物質を飲んだり、
付着することが汚染

自然放射線も人工
放射線も被ばく
において違いはない

放射線の種類に関
係なく一律の評価
ができる



放射線を浴びる
ことが被ばく

人が受けた放射線影響
の度合を表わす単位
シーベルト (Sv)

シーベルト

ベクレル


放射線にはどんな種類があるのか？

放射線の種類

電磁放射線	X線、 γ 線 ガンマ線
粒子放射線	α 線、 β 線、電子線、中性子線、重イオン粒子線など

粒子放射線の実体

ガン治療などにも使われている

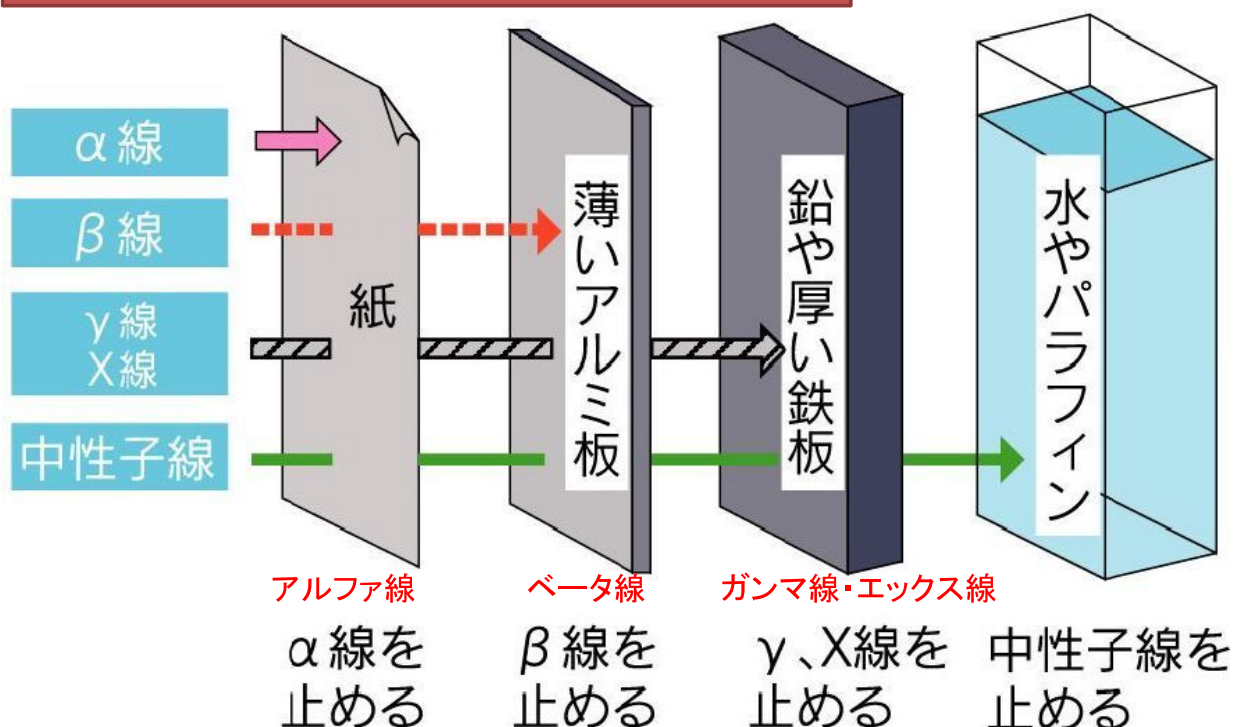
アルファ線 α 線	: 高エネルギーのHeイオンの流れ	 — 中性子 — 陽子
ベータ線 β 線	: 高エネルギーの電子の流れ	● 電子
中性子線	: 高エネルギーの中性子の流れ	○ 中性子

普通はアルファ線、ベータ線、ガンマ線で被ばくしている
空間線量は、ある場所における放射線のエネルギーを合計したもの

5

放射線の種類と透過力

放射線と物質の相互作用
放射線はエネルギーを物質へ与えて止まる



6

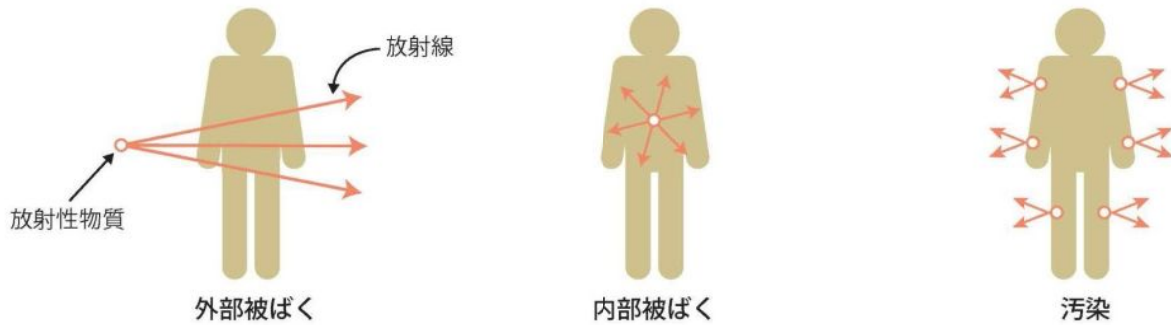
被ばくの形態

被ばく

放射線を受けること

汚染

放射性物質が皮膚や衣服に付着した状態



被ばく線量のみが問題

- (1) 被ばくの形態は関係ない
- (2) 自然放射線も人工放射線も関係ない

7

放射能の強さの単位



フランスの物理学者アンリ・ベクレル
Henri Becquerel

- ベクレル(Bq)は、放射性核種が1秒間に壊変する数
- 壊変で複数の放射線をだす放射性核種もある

1896年 ウラン化合物の放射線を発見。
自然物にも未知の放射線を出しているものがあることがわかった。

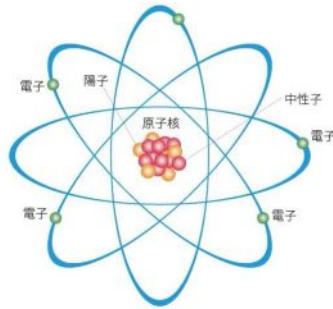
**放射能の単位であるベクレルは
彼の名前に由来している**

8

放射能の特徴(放射性同位体と放射壊変)

放射壊変は不安定な原子(核)が放射線を出してより安定な原子(核)になること

原子の構造



α崩壊

原子核から陽子2個と中性子2個が放出されるので、質量が減る。

(例) ${}^{226}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} {}^{222}\text{Rn}$, ${}^{238}\text{U} \xrightarrow{\alpha} {}^{234}\text{Th}$

β崩壊

原子核の中性子1個が陽子と電子に変わり、その電子が放出される。そのため、原子番号が1増加するが、質量数は変わらない。

(例) ${}^{24}\text{Na} \xrightarrow{\beta} {}^{24}\text{Mg}$

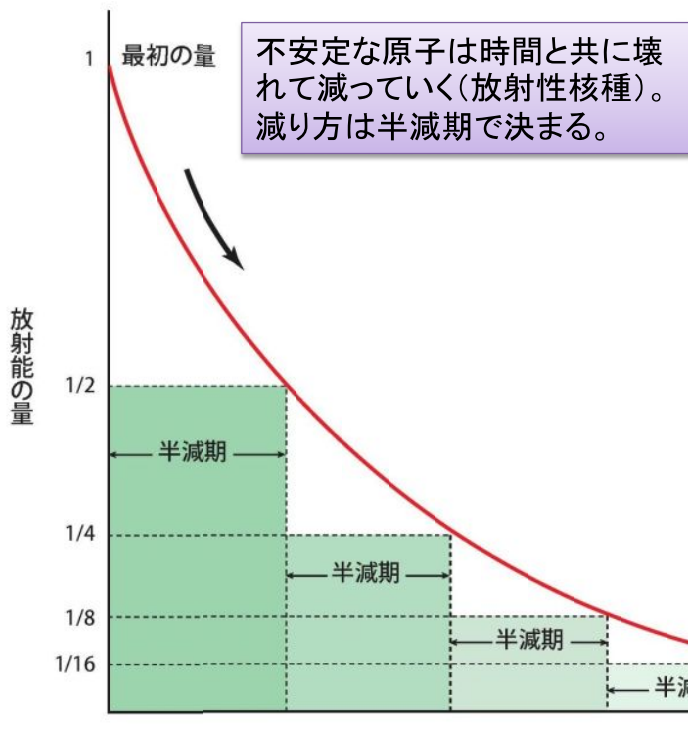
γ放射

励起状態にある原子核がγ線を放出しても、質量数も原子番号も変わらない。

	陽子の数	中性子の数	陽子と中性子の数の和	自然界に存在する割合
ウラン234	92	142	234	0.0055%
ウラン235	92	143	235	0.7200%
ウラン238	92	146	238	99.2745%

9

放射能の特徴(放射能の減り方)



放射性物質	放出される放射線 [®]	半減期
トリウム232	$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$	141億年
ウラン238	$\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$	45億年
カリウム40	$\beta \cdot \gamma$	13億年
プルトニウム239	$\alpha \cdot \gamma$	2.4万年
炭素14	β	5,730年
ラジウム226	$\alpha \cdot \gamma$	1,600年
セシウム137	$\beta \cdot \gamma$	30年
ストロンチウム90	β	28.7年
コバルト60	$\beta \cdot \gamma$	5.3年
セシウム134	$\beta \cdot \gamma$	2.1年
ヨウ素131	$\beta \cdot \gamma$	8日
ラドン222	$\alpha \cdot \gamma$	3.8日
ナトリウム24	$\beta \cdot \gamma$	15時間

半減期の10倍の時間が経過すると放射能は1024分の1になる

10

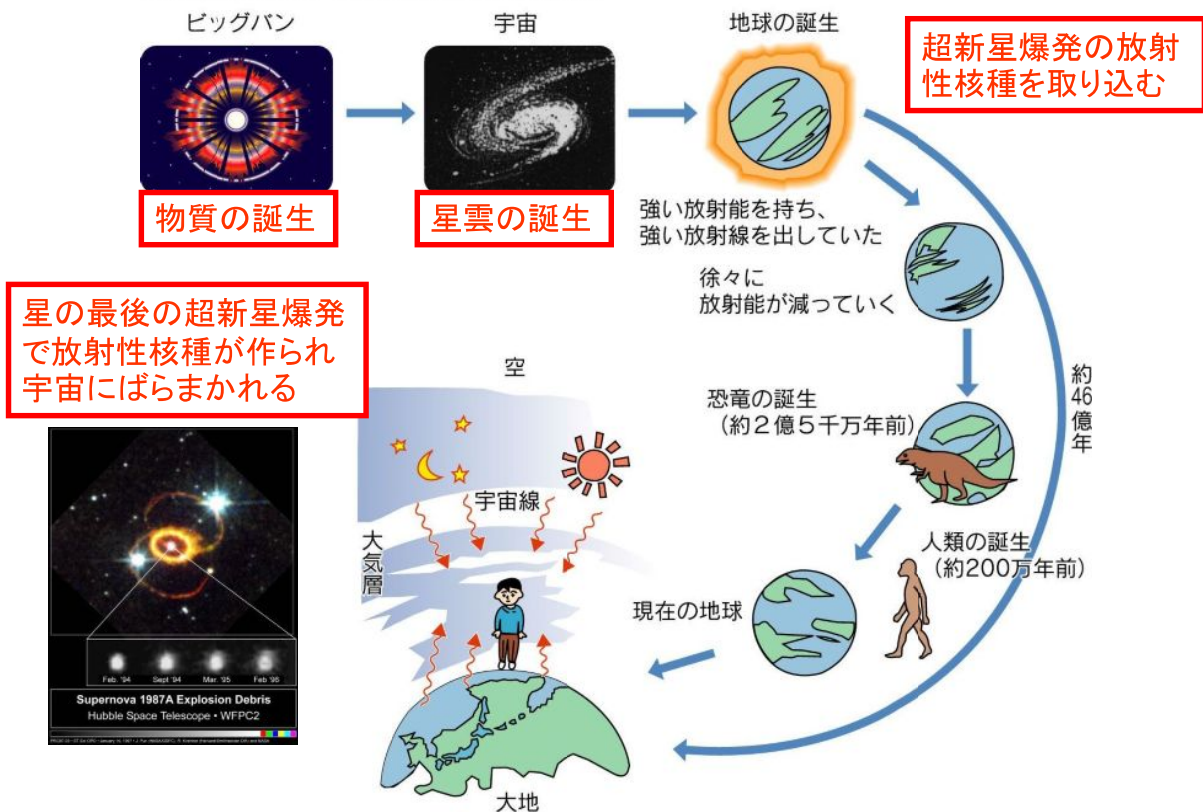
放射能は地球上のすべてのものにある

放射能なんて見えない

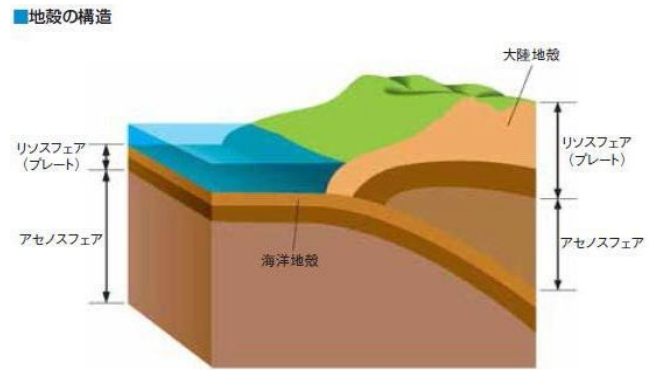
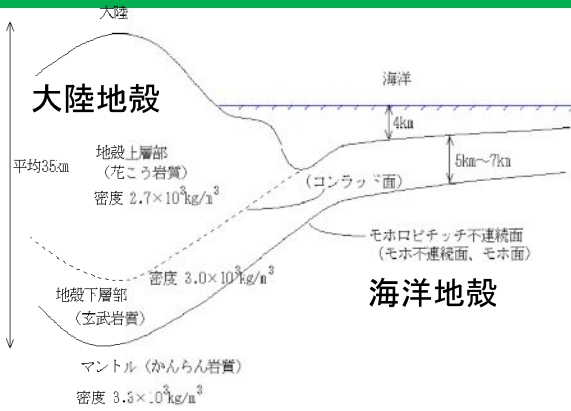


地球は誕生したときから放射能をもっていた

地球の誕生から現在までと放射線



地表面の放射能は高い



地震調査研究推進本部事務局
(文部科学省研究開発局地震・防災研究課)
ホームページより

私たちは放射能を多く含む鉱物である花こう岩の上に生活している。場所により放射能は違う。高い放射能をもつ温泉がある

46億年前に地球が誕生したとき、放射性核種のウラン、トリウム、カリウム(カリウム-40)などは地殻に濃縮された。マンテルの放射能は低い。



岩石中の放射性核種 (ppm)			
	ウラン	トリウム	カリウム
花こう岩	4.75	18.5	37900
玄武岩	0.6	2.7	8400
かんらん岩	0.016	0.06	12
石質隕石	0.011	0.041	800
鉄隕石	<0.00001	-	-

13

放射能の強さは場所で違う

秋田県玉川温泉「玉川温泉の華・浴剤」
自然レベルの2-3倍の放射能



14

食物に含まれる放射能(カリウム-40)

■食物中のカリウム40の放射能(日本) (Bq/kg)



出典：旧科学技術庁パンフレット

植物は土壌中のカリウムを取込んで成長する。カリウムは必須元素である

カリウムには放射性のカリウムが含まれている。
K-39(93.3%)
K-40(0.0117%)
K-41(6.7%)

食事では人はカリウムを摂取するのでカリウム-40も取込んでいる

カリウムの摂取と排出は平衡状態にあるので、体内のカリウム-40の放射能はほぼ一定に保たれている

毎日私たちは食物として様々な放射能を取っている

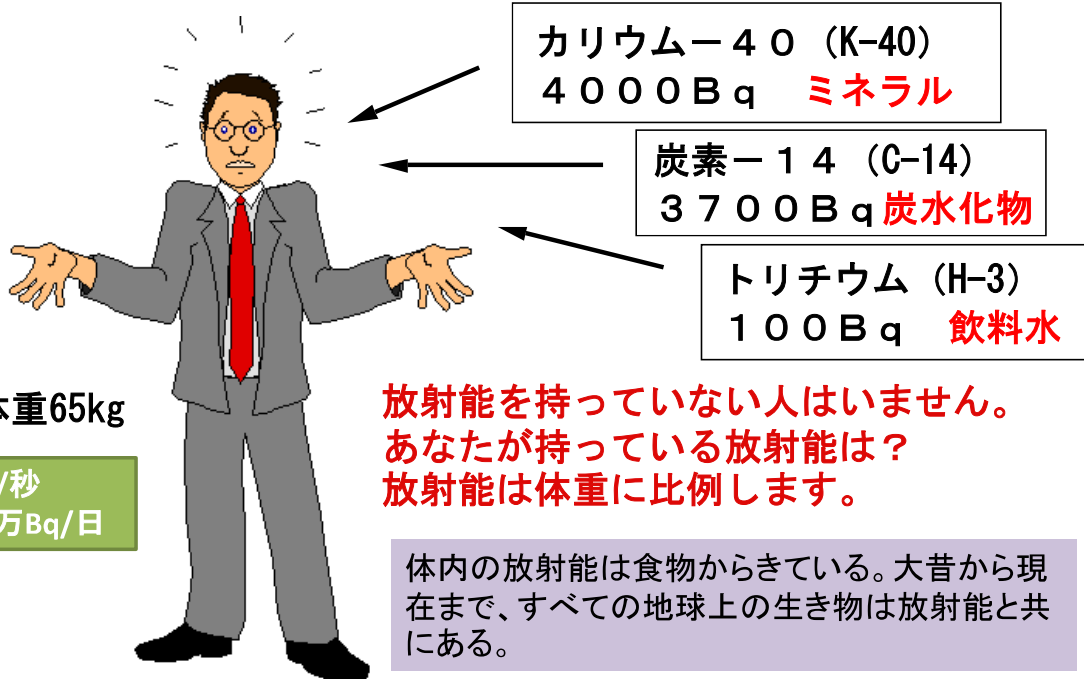
放射能の単位Bq ベクレル
一秒間に起こる放射壊変の数

15

体の中の放射能

私はこれだけの放射能を持っています。

放射能の単位Bq ベクレル
一秒間に起こる放射壊変の数



体重65kg

7800Bq/秒
6億7千万Bq/日

放射能を持っていない人はいません。
あなたが持っている放射能は？
放射能は体重に比例します。

体内の放射能は食物からきている。大昔から現在まで、すべての地球上の生き物は放射能と共にいる。

16

宇宙線環境の構造

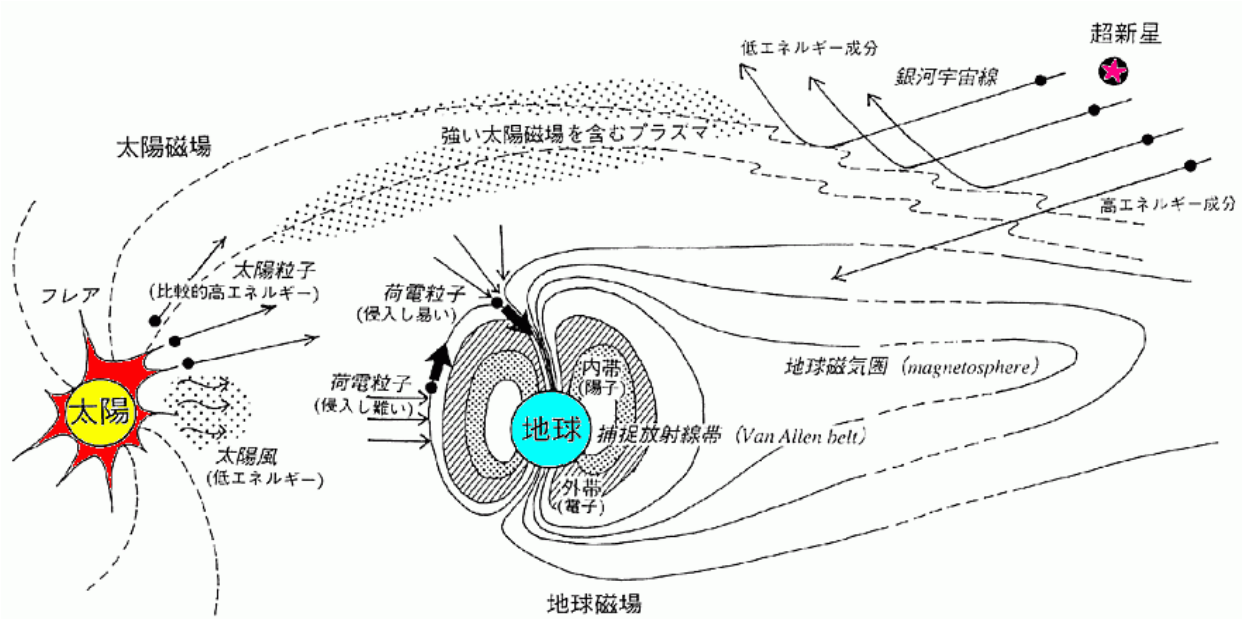
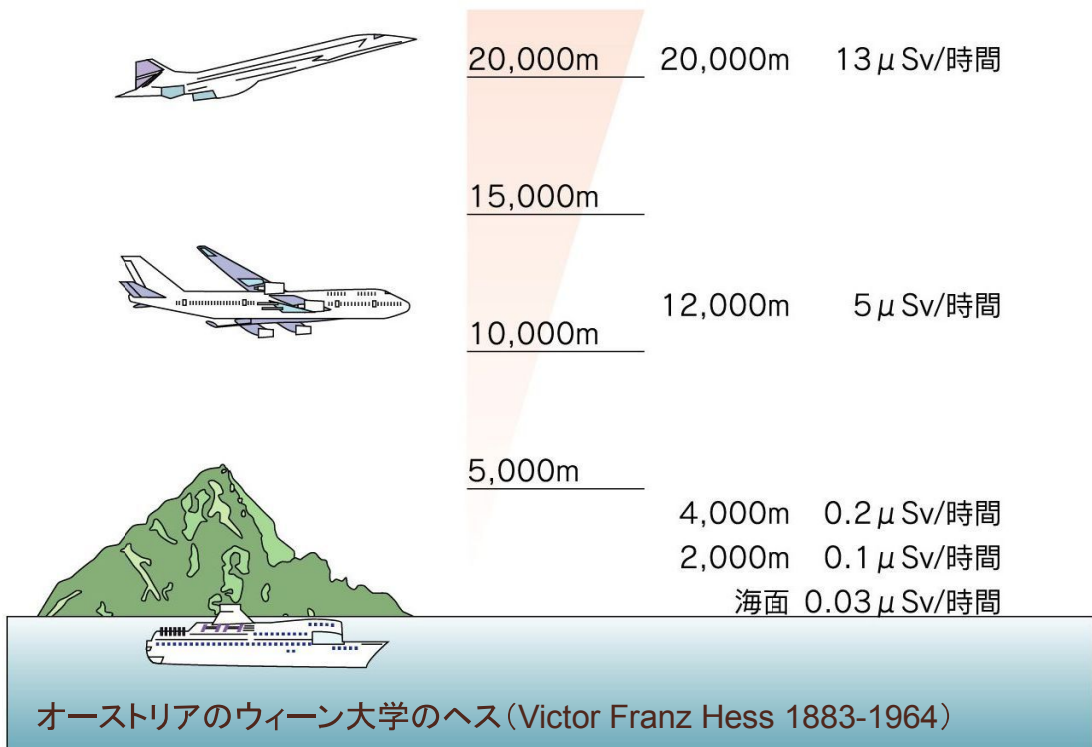


図1 宇宙放射線環境の構造

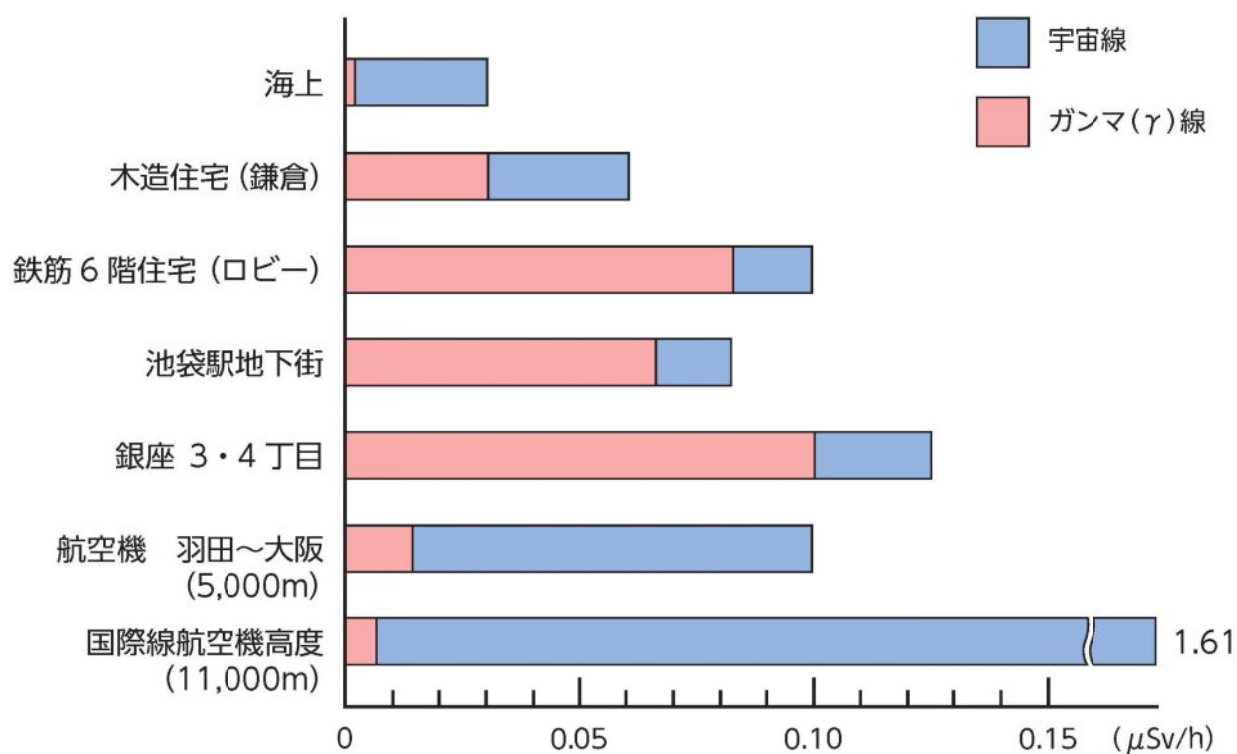
【出典】 藤高 和信: 宇宙環境の放射線、日本原子力学会誌、35(10)、21(1993)

宇宙線の強さと高度



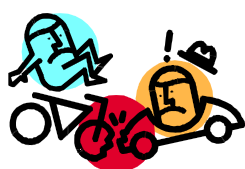
放射能の電離作用により、はく検電器に溜めた電荷が失われる。

自然放射線レベルの違い

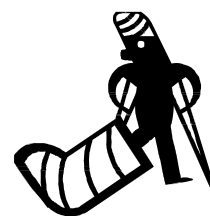


19

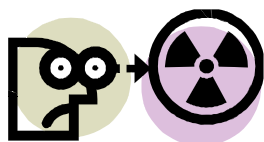
被ばくとは何だろうか？



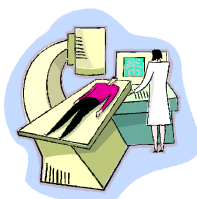
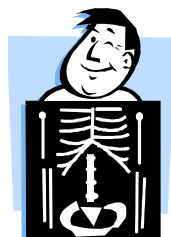
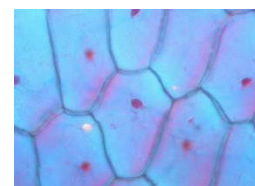
交通事故ではエネルギーが体全体へ与えられる。エネルギーは広い範囲の非常にたくさんの細胞に分配される



エネルギーを人が受取ると言う意味では、放射線による被ばくも事故も同じであるが、



被ばくではエネルギーが数個の細胞に与えられる。



20

放射線の実態

- 直接、放射線を見ることはできません。
- 放射線が体に当たっても感じません。
- 熱くも、痛くも、痒くもありません。
- 無味無臭です。



- 放射線測定器で測って初めて存在が分かります。放射線測定器は放射線と物質の相互作用を利用しています。

ポケット線量計



21

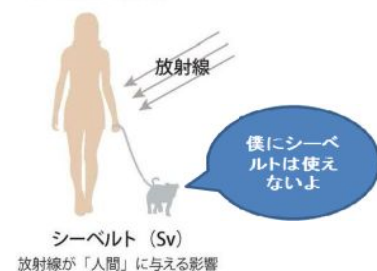
シーベルトは人の被ばく線量である



飲みすぎは、種類ではなく、摂取したアルコール量が問題です。被ばくも同じです。放射線の種類や被ばく形態ではなく線量です。

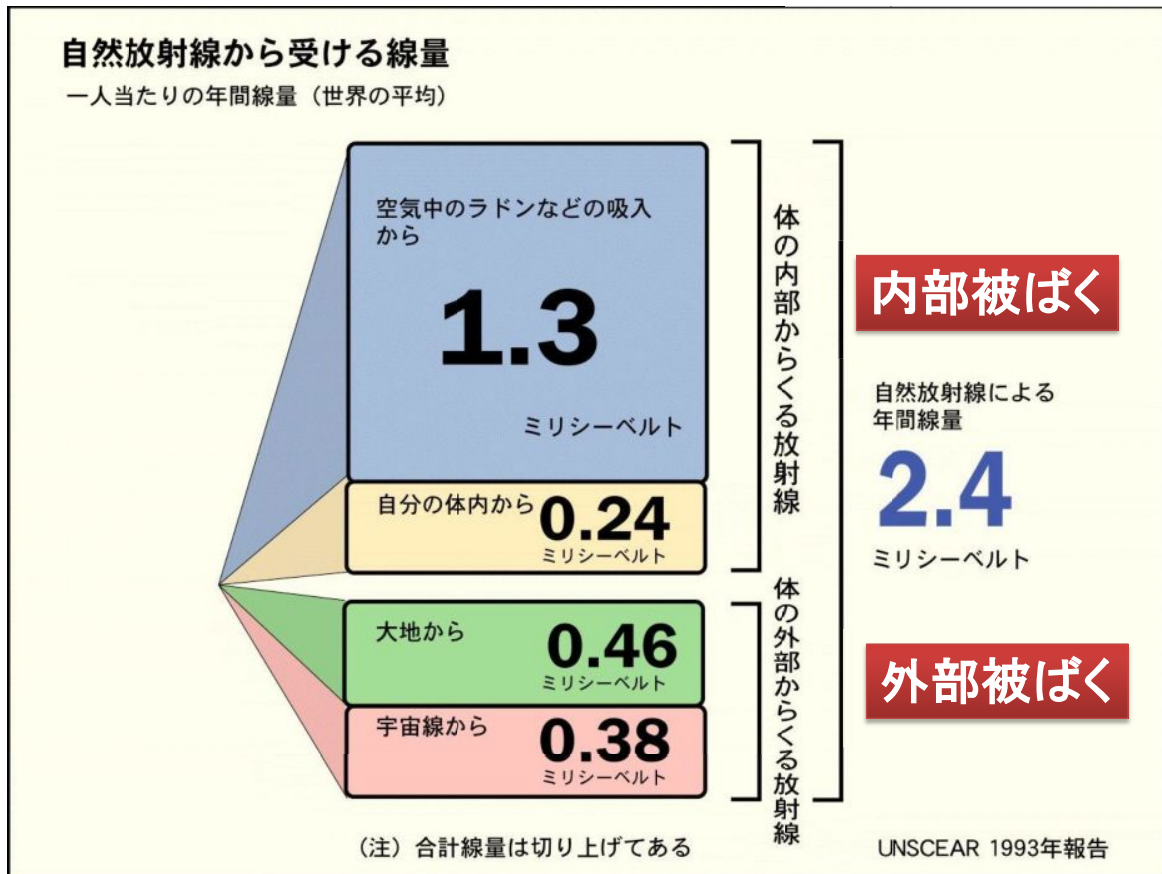


$$\text{シーベルトの値} = \text{グレイの値} \times \text{放射線荷重係数}^{\ast 1} \times \text{組織荷重係数}^{\ast 2}$$



22

自然放射線から受ける被ばく線量



23

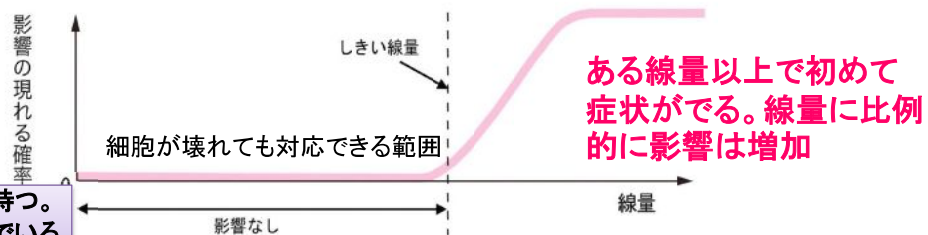
放射線が人に与える影響は2種類ある

自然放射線も人工放射線も被ばくにおいて違いはない

確定的影響は、しきい線量以下に抑えることで影響をなくす。

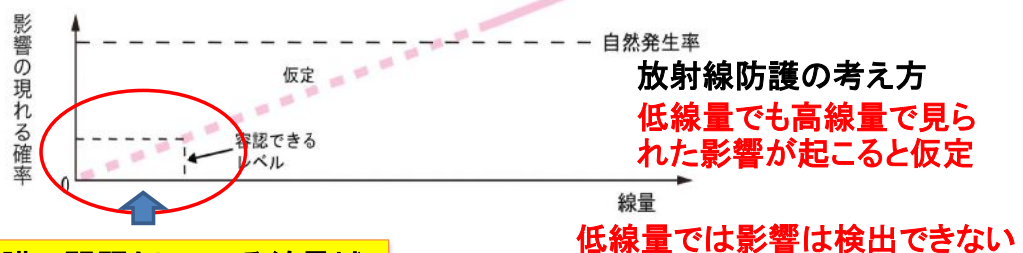
確率的影響は、しきい値※は無いと仮定し、合理的に線量を低くすることで影響の現れる確率を容認できるレベルにする。

[確定的影響（脱毛・白内障等）]



人は60兆個の細胞を持つ。毎日数千億個が死んでいる。対応する機能を持っている

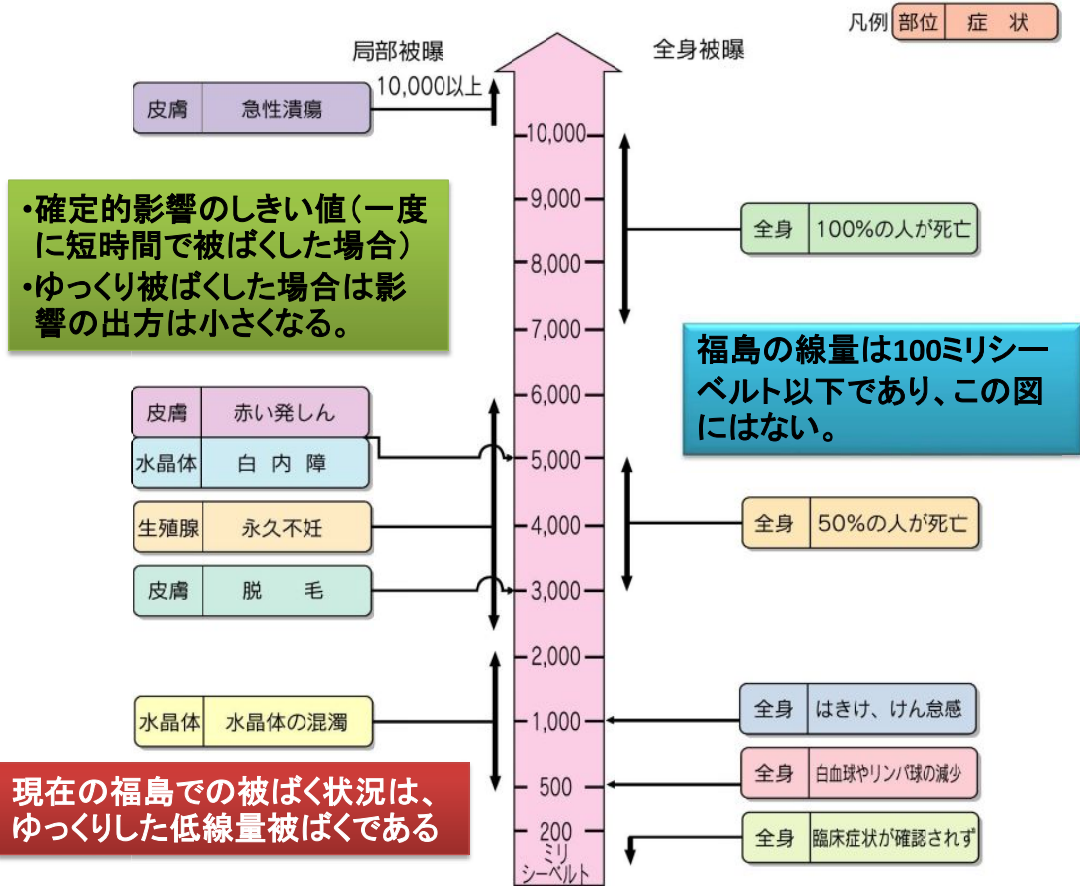
[確率的影響（ガン・白血病等）]



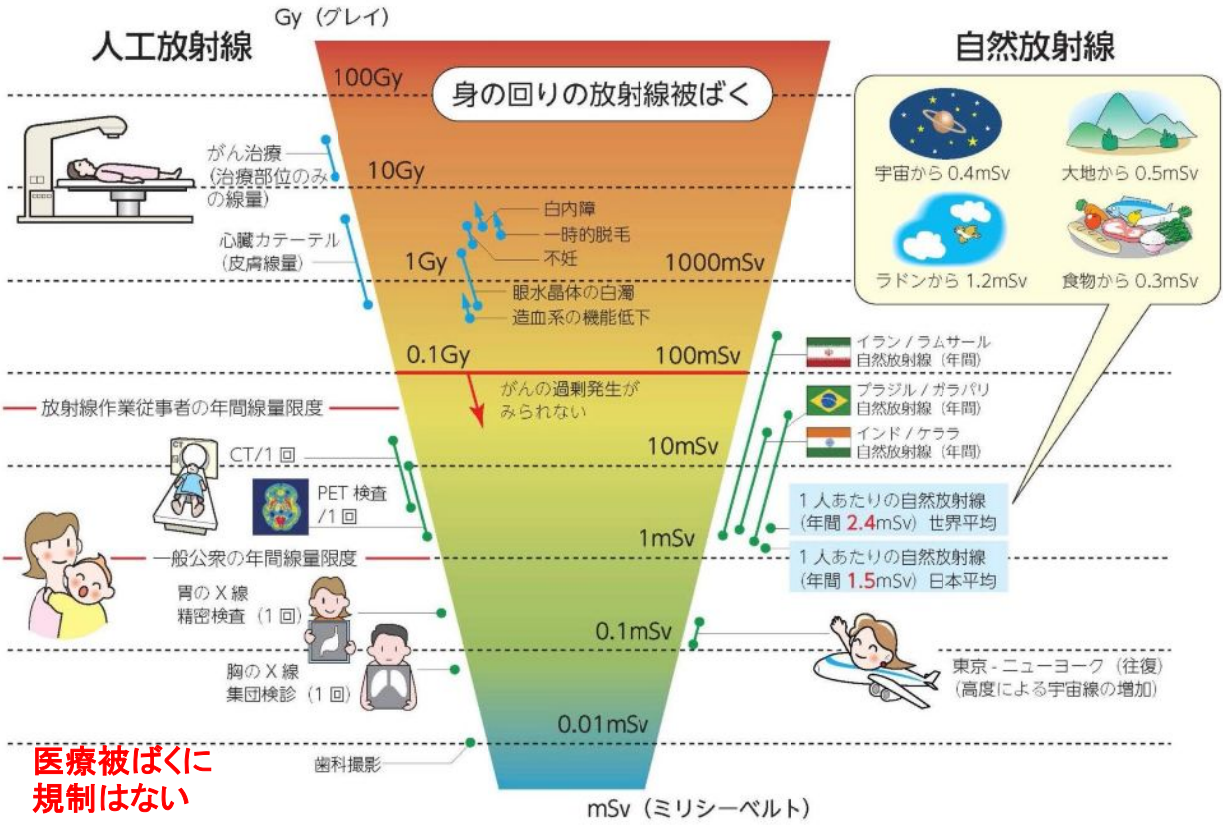
放射線防護で問題としている線量域（福島もこの範囲）

24

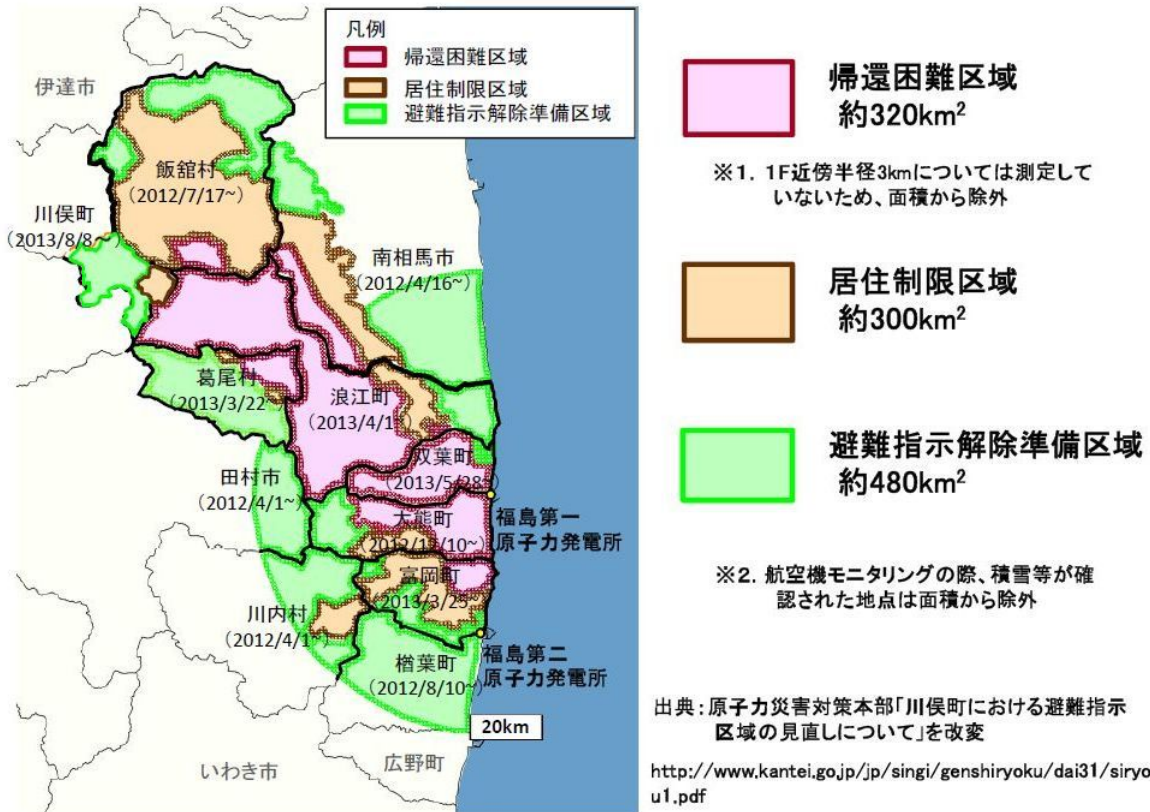
急性被ばくの影響



日常生活と放射線



避難指示区域の概念図(2013年8月8日現在)



原子力規制庁監視情報課 平成25年9月17日

27

野外8時間(100%被ばく)
室内16時間(40%被ばく)
3.8uSv/h=20mSv/年

(年間放射線量) 概要

帰還困難区域 (50 ^μ Sv・シーベルト以上)	5年経過しても、生活が可能とされる年間20 ^μ Sv・シーベルトを下回らない地域。国が不動産の買い上げを検討
居住制限区域 (20~50 ^μ Sv・シーベルト未満)	年間20 ^μ Sv・シーベルトを下回るのに数年かかるとみられる地域。一時帰宅は可。除染で線量が下がれば帰還可能
避難指示解除準備区域 (20 ^μ Sv・シーベルト未満)	早期帰還に向けた除染、都市基盤復旧、雇用対策などを早急に行い、生活環境が整えば、順次解除される

各区域には避難指示が出されているため、原則、宿泊はできません。また、関係者以外の立入りはご遠慮いただきますよう、お願いいたします。

摂取制限に関する指標

■ 食品の新たな基準値の設定について

1. 見直しの考え方

- 現在の暫定規制値に適合している食品は、健康への影響はないと一般的に評価され、安全は確保されているが、**より一層、食品の安全と安心を確保する観点**から、現在の暫定規制値で許容している**年間線量5ミリシーベルトから年間1ミリシーベルト**に基づく基準値に引き下げる。
- 特別な配慮が必要と考えられる「飲料水」、「乳児用食品」、「牛乳」は区分を設け、それ以外の食品を「一般食品」とし、**全体で4区分**とする。

厚生労働省医薬食品局食品安全部 資料より

2. 基準値の見直しの内容

■ 放射性セシウム の暫定規制値	■ 放射性セシウム の新基準値
飲料水 200 ベクレル/kg	飲料水 10 ベクレル/kg
牛乳・乳製品 200 ベクレル/kg	牛乳 50 ベクレル/kg
野菜類 500 ベクレル/kg	乳児用食品 50 ベクレル/kg
穀類 500 ベクレル/kg	一般食品 100 ベクレル/kg
肉・卵・魚・その他 500 ベクレル/kg	※放射性ストロンチウム等を含めて基準値を設定
※放射性ストロンチウムを含めて規制値を設定	

※ 新基準値は24年4月施行 一部品目について経過措置を設定

29

がんのリスクの比較

がんのリスク - 放射線、ダイオキシンと生活習慣 (JPHC Study) -

相対リスク	全部位 * 固形がん: 広島・長崎 ダイオキシン: 職業曝露・伊工場爆発事故	特定部位 * チェルノブイリ18歳以下被ばく10-15年後
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		650-1240mSv(甲状腺:4.0) 【1000mSv当たり3.2倍と推計】 喫煙者(肺:4.2-4.5) 大量飲酒(300g以上/週)※(食道:4.6)
1.50~2.49	1000-2000mSv(1.8) 【1000mSv当たり1.5倍と推計】 喫煙者(1.6) 大量飲酒(450g以上/週)※(1.6)	150-290mSv(甲状腺:2.1) 高塩分食品毎日(胃:2.5-3.5) 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	500-1000mSv(1.4) 2,3,7,8-TCDD血中濃度数千倍【職業曝露】(1.4) 大量飲酒(300-449g/週)※(1.4)	50-140mSv(甲状腺:1.4) 受動喫煙<非喫煙女性>(肺:1.3)
1.10~1.29	200-500mSv(1.19) 肥満(BMI≥30)(1.22) やせ(BMI<19)(1.29) 運動不足(1.15-1.19) 高塩分食品(1.11-1.15)	
1.01-1.09	100-200mSv(1.08) 野菜不足(1.06) 受動喫煙<非喫煙女性>(1.02-1.03)	
検出不可能	100mSv未満 2,3,7,8-TCDD血中濃度数百倍【農業工場爆発事故周辺住民】	国立がんセンターホームページ

※ 飲酒については、エタノール換算量を示す

30



ご清聴ありがとうございました

