



放射線の基礎とその影響

～放射線を正しく知り、正しく怖がるために～

静岡大学大学院理学研究科

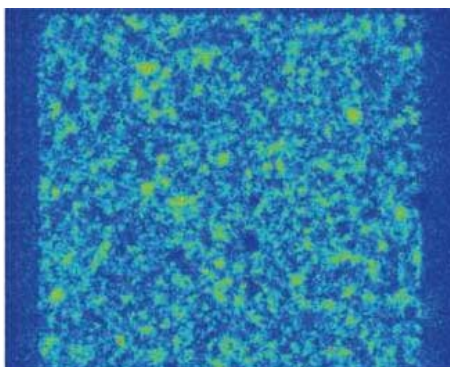
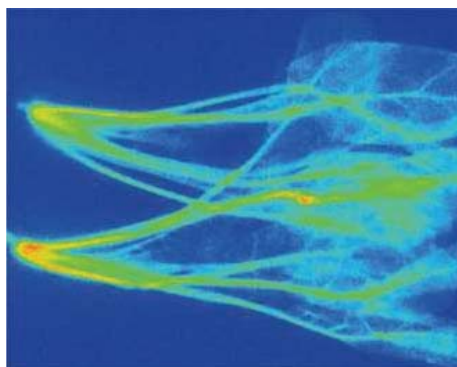
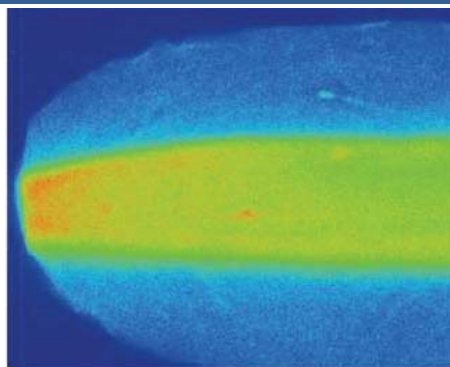
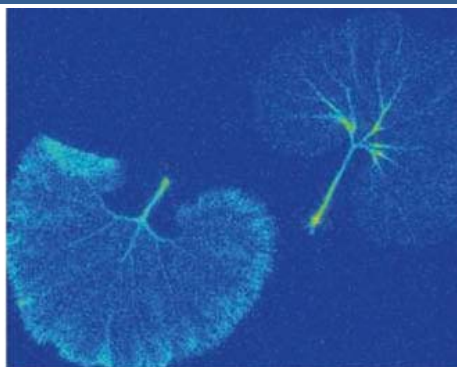
放射科学研究施設

奥野 健二

H25.12.15 於：浜松市地域情報センター

Shizuoka University

下の画像は、何を写したものでしょう？



正解は 植物や岩石などから出ている放射線を写したもの

3



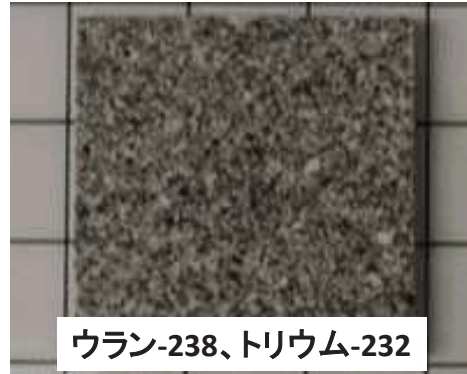
ふき



乾燥昆布



ほうれん草

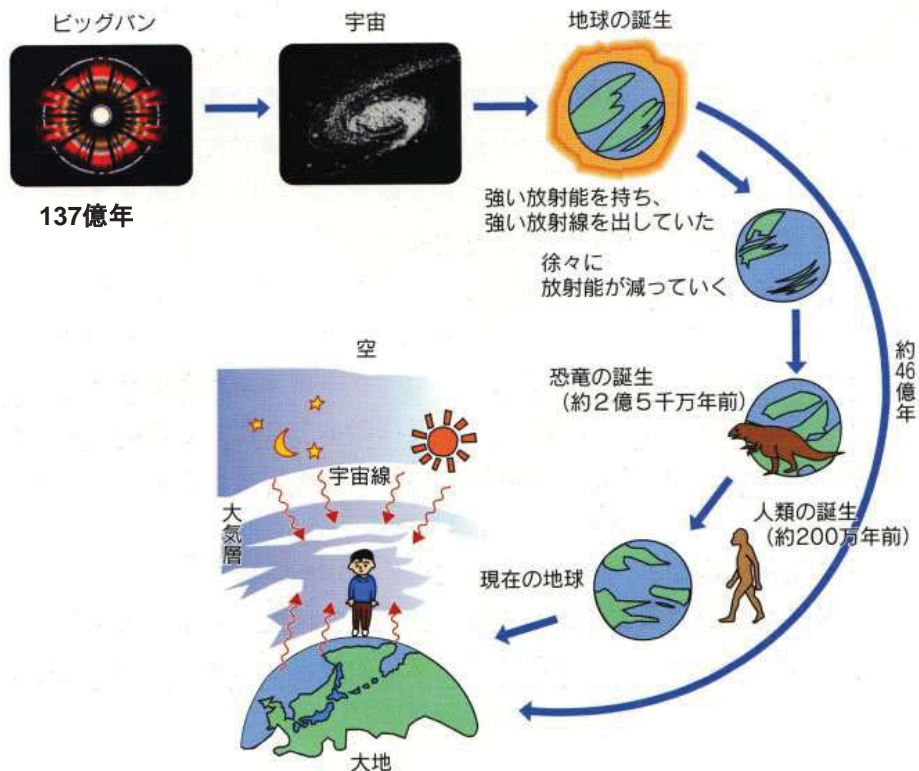


御影石

写真提供: 公益財団法人 環境科学技術研究所

宇宙も地球も放射線が！

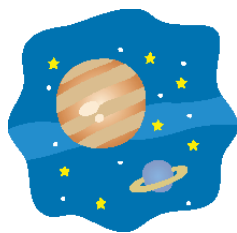
4



宇宙から

宇宙から、常に放射線(宇宙線)が地球に降り注いでいる。

地上からの高度が高いほど受ける放射線は多くなる。



空気から

空気から、常に放射線が出ている。

放射線の量は、場所によって違う。



大地から

大地から、常に放射線が出ている。

放射線の量は、場所によって違う。



食べ物から

食べ物からも放射線が出ている。

食べ物を食べている私たちの身体からも放射線は出ている。



私たちは太古の昔から、日常生活でも放射線を受け続けてきた。

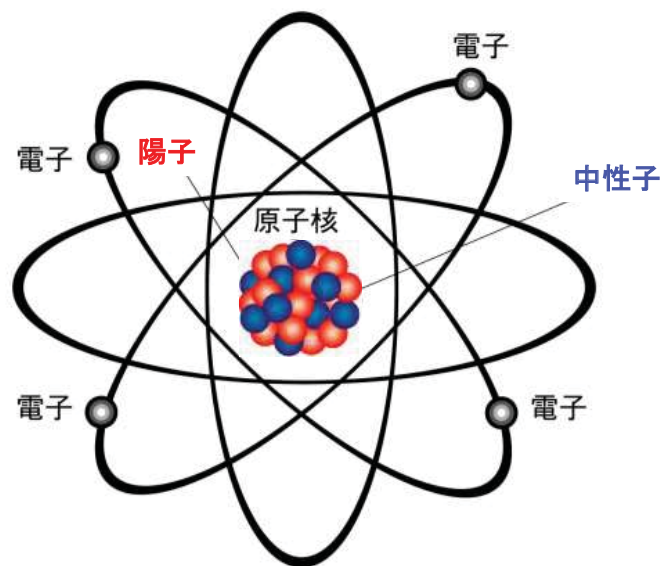
本日の話の内容

- I 放射線の基礎
- II 身の回りの放射線
- III 放射線の影響
- IV 放射線と暮らす

I 放射線の基礎

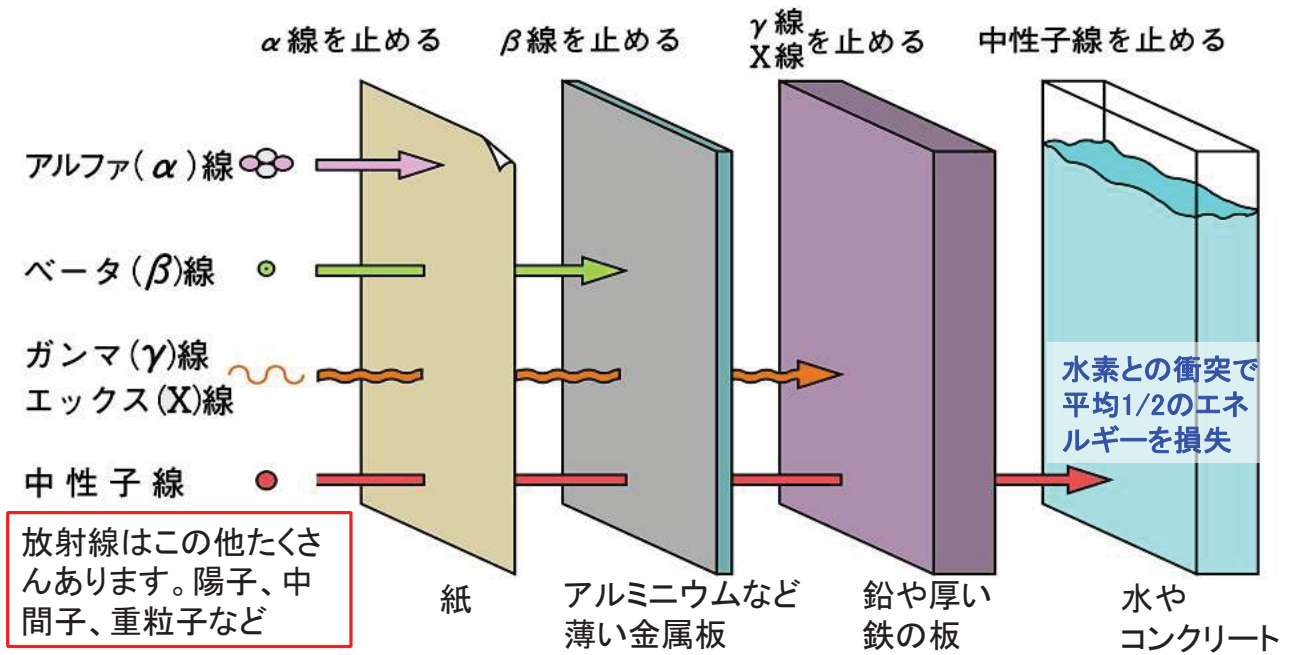
- 放射線、放射能、放射性物質
- 放射線の種類と透過力
- 距離と減弱
- 半減期
- 単位(シーベルトSv、ベクレルBq)
- 外部被ばくと内部被ばく

なぜ放射線が出るのだろう？



原子の構造

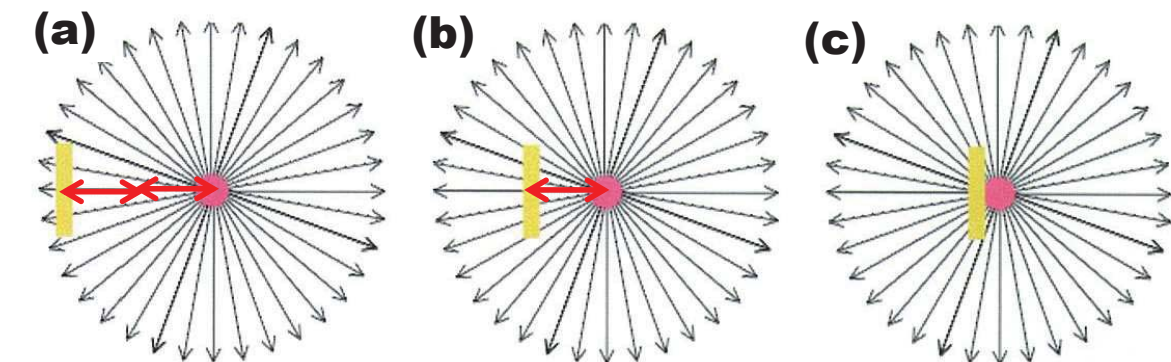
放射線には、ものを通り抜ける力があります



セシウム137からのガンマ線を半分にする厚さ

鉛:0.9 cm 鉄:1.5 cm コンクリート:5 cm 水:12 cm

放射線の距離による減弱



2次元

3次元

(a) 板を貫く矢は3本程度 ⇒ 9本程度

(b) 板を貫く矢は7本程度 ⇒ 49本程度

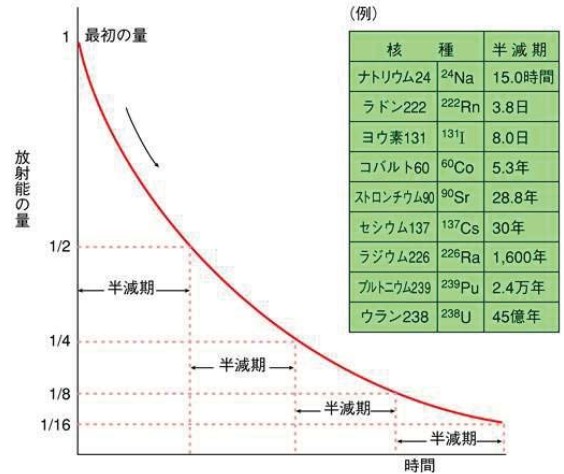
約2倍程度 約4倍程度

- 放射線の強さは、距離の2乗に反比例する

放射能の減り方 ～半減期

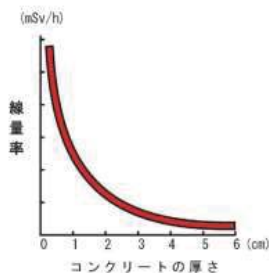
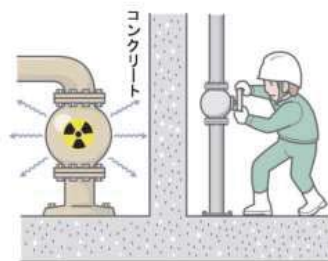
- 半減期で放射能は1/2に減衰
- 物理学的半減期
 - セシウム137: 30年
 - ヨウ素131: 8日
- 生物学的半減期
 - 物理的半減期より短い
 - 代謝の良い幼児、子供の生物学的半減期は短くなる
 - セシウム: 幼児9日、9歳38日、30歳70日
 - ヨウ素: 幼児11日、5歳23日、成人80日

物理的半減期の例



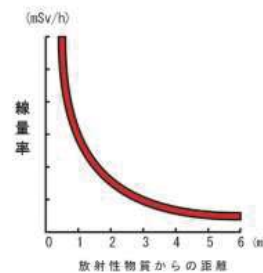
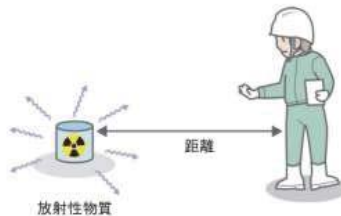
放射線の防護の基本

1. 遮へいによる防護



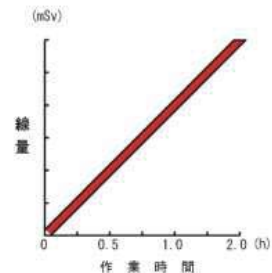
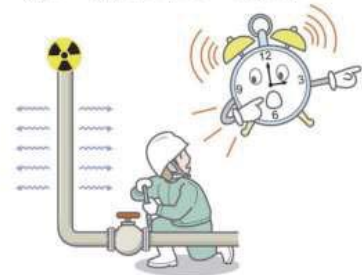
2. 距離による防護

(線量率) = 距離の二乗に反比例

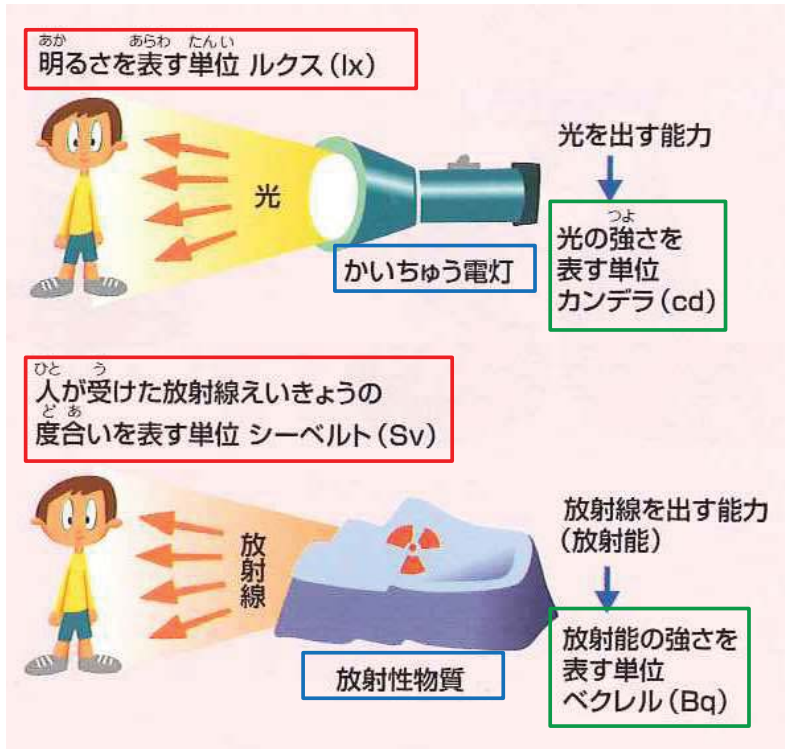


3. 時間による防護

(線量) = (作業場所の線量率) × (作業時間)



放射能と放射線 他のものに例えると...



- **発生源**
 - かいちゅう電灯
 - ↕
 - 放射性物質
- **能力**
 - カンデラ(Cd)
 - ↕
 - ベクレル(Bq)
- **明るさ・影響**
 - ルクス(Lx)
 - ↕
 - シーベルト(Sv)

ベクレル(Bq)とシーベルト(Sv)

ベクレル(Bq)

⇒放射能の強さを表わす単位
 単位時間当たり何個の放射性物質が
 放射線を出すかを表す

シーベルト(Sv)

⇒人体に対する影響を表す単位
 1シーベルト(Sv)
 =1000ミリシーベルト(mSv)
 =100万マイクロシーベルト(μSv)



ベクレルとシーベルトの違い

■お金に例えてみると…

放射性物質の放射エネルギー「ベクレル」の大小だけでは、人体への影響度合いはわかりません。お金に例えてみると、下図のようになります。

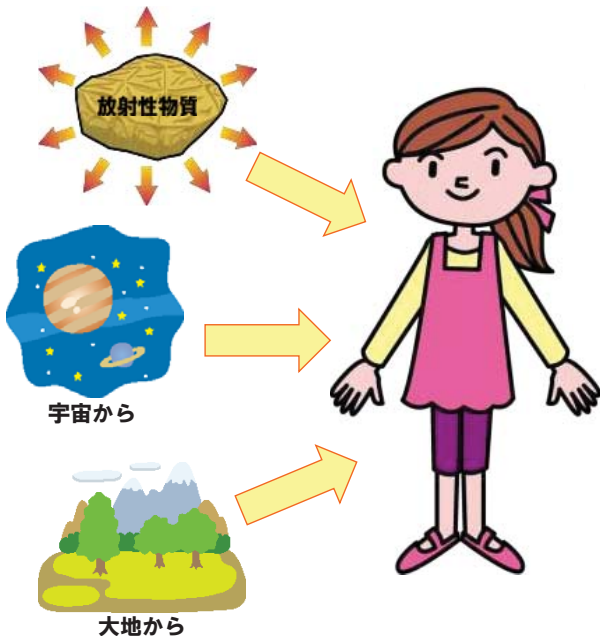
硬貨の枚数が放射エネルギー(ベクレル)に相当し、合計金額が人体への影響度合い(シーベルト)に相当します。



人体が放射線を受けることを「被ばく」という

外部被ばく

体の外から放射線を受けること。



内部被ばく

体の中から放射線を受けること。



外部被ばく(実効線量)の評価方法

- 人体の外部から放射線を受ける
- 個人被ばく線量計や空間線量測定で評価する
- 実効線量(Sv)

$$= \text{吸収線量 (Gy)} \times \text{放射線荷重係数} \times \text{組織荷重係数}$$

- 放射線荷重係数(ICRP2007勧告)

放射線の種類	放射線荷重係数
ガンマ(γ)線	1
ベータ(β)線	1
中性子線	2.5~20
アルファ(α)線	20

- 組織荷重係数(ICRP2007勧告)

組織・臓器	組織荷重係数	組織・臓器	組織荷重係数
乳房	0.12	肝臓	0.04
骨髄(赤色)	0.12	食道	0.04
結腸	0.12	甲状腺	0.04
肺	0.12	皮膚	0.01
胃	0.12	骨表面	0.01
生殖腺	0.08	残りの臓器	0.14
膀胱	0.04	合計	1.00

内部被ばく(預託線量)の評価方法

- 放射性物質の取り込み量を評価し、取り込みから50年間に受ける被曝線量を推定する。(乳幼児は70年)

$$\text{預託線量 (mSv)} = \text{飲食物摂取量 (kg/日)} \times \text{摂取日数 (日)} \times \text{実効線量係数 (mSv/Bq)} \times \text{放射性核種の濃度 (Bq/kg)}$$

放射性物質	半減期	1Bqを経口または吸入摂取した場合の成人の実効線量係数(mSv/Bq)	
		経口摂取した場合	吸入摂取した場合
カリウム40	12.8億年	0.62×10^{-5}	0.21×10^{-5}
セシウム137	30年	1.3×10^{-5}	3.9×10^{-5}
セシウム134	2年	1.9×10^{-5}	2.0×10^{-5}
ヨウ素131	8日	2.2×10^{-5}	7.4×10^{-6}
ストロンチウム90	29年	2.8×10^{-5}	1.6×10^{-4}

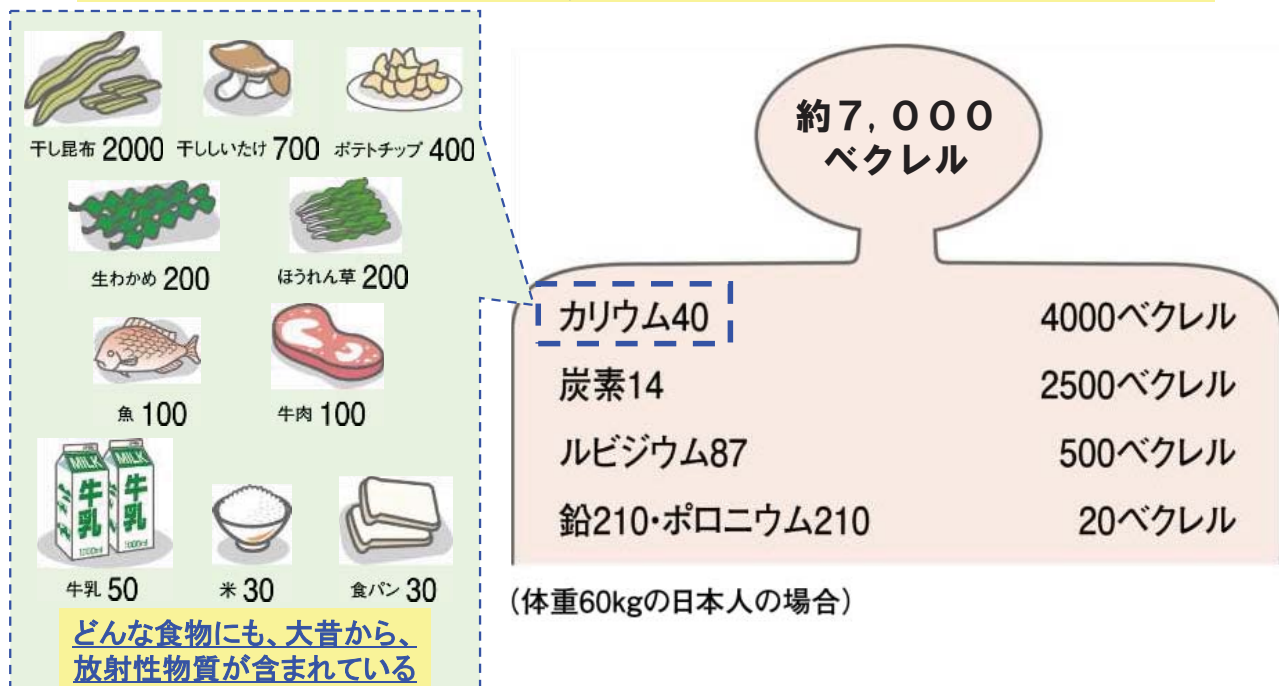
この表はICPR Publication72より引用したもので、化学形によって実効線量係数の値が異なる場合、最も大きい値のものとしています。

Ⅱ 身の回りの放射線

- からだの中、食物中の放射能・放射線
- 宇宙からの放射線
- 空気中のラドンからの放射線
- 全国の世界からの放射線量
- **浜松市**での1年間の被ばく線量

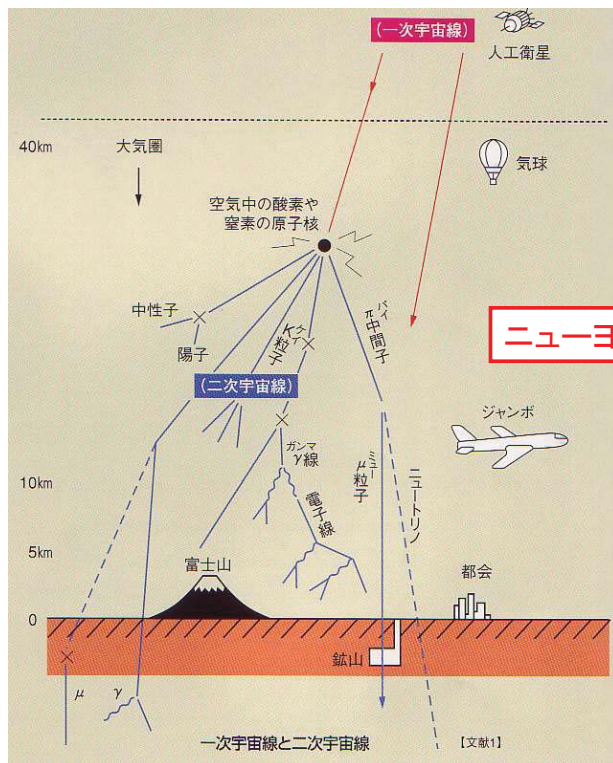
自然界からの被ばく(体の中の放射性物質)

- 食べ物の中には、大昔から、放射性物質が含まれている
- 私たちの体の中には、約7,000ベクレルの放射性物質がある。

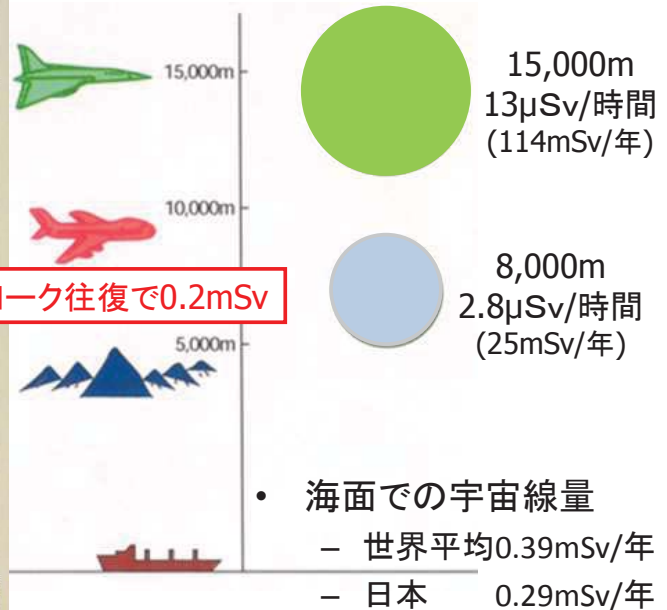


※食物1kg中のカリウム40の放射性物質の量(単位:ベクレル/kg)

宇宙からの放射線



宇宙線の高度変化



ニューヨーク往復で0.2mSv

掛川市での宇宙線量:0.29mSv/年

Shizuoka University

空気中のラドンからの放射線

• 空気中のラドン

- ラドン温泉・ラドン療法で知られる
- 岩石に含まれるラジウムの崩壊で主に発生、屋外、屋内に存在
- コンクリート砂利からラドンが発生するため、コンクリートの建物はラドンが多い
- 気体のため、肺に吸い込んだ状態での内部被ばくが多い



オーストリア、バドガシュタイン
欧州で有名な保養地(ラドン療法)

■ ラドンによる内部被ばくの試算

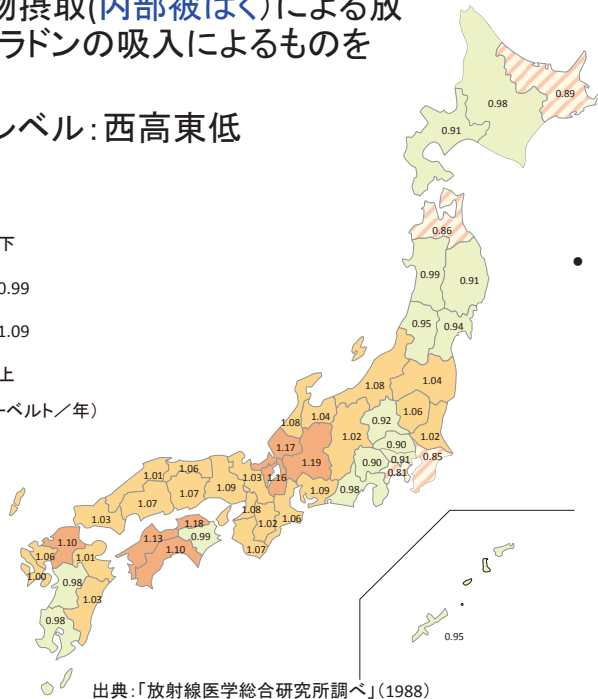
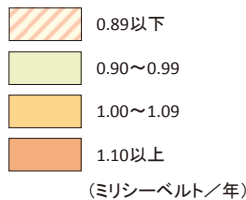
- 屋外(平均濃度6.1Bq/m³,滞在比0.4) 0.09mSv/年
- 屋内(屋外の2.5倍,滞在比0.6) 0.51mSv/年

ラドンによる内部
被ばく0.60mSv/年

Shizuoka University

全国の自然界からの放射線量

- 宇宙、大地からの放射線(外部被ばく)と食物摂取(内部被ばく)による放射線量(ラドンの吸入によるものを除く)
- 放射線レベル: 西高東低



出典:「放射線医学総合研究所調べ」(1988)

- この地図では
 全国平均値 0.99mSv/年 (内訳)
 大地放射線 0.40mSv/年
 宇宙線 0.29mSv/年
 食物摂取 0.30mSv/年

- 各地の大地放射線(mSv/年)

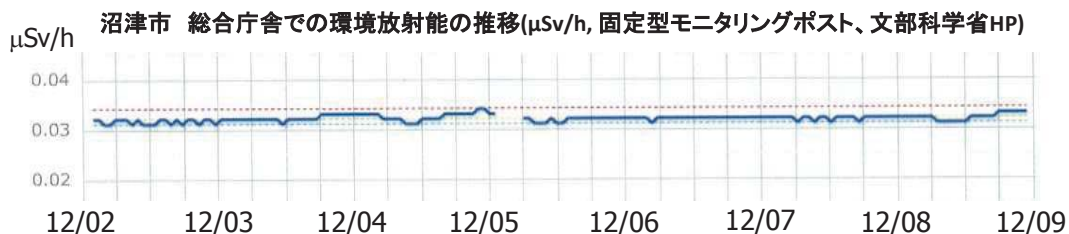
北海道	0.33	東北	0.35
関東	0.32	中部	0.45
近畿	0.49	中国	0.46
四国	0.50	九州	0.43
沖縄	0.35	静岡県	0.35

最大 岐阜県 0.59
 最小 神奈川県 0.21

大地放射線による被ばく量

- 浜松市での試算 (浜松市 総合庁舎: 12月09日8:30)

— 環境放射能0.033 μ Sv/h = 0.29 mSv/年



— 屋外(滞在比0.3) 0.09 mSv/年 }
 屋内(屋外の1.2倍) 0.24 mSv/年 } **0.33 mSv/年**
 滞在比0.7

- 環境放射能は文部科学省HPで公開されている

— <http://radioactivity.mext.go.jp/map/ja/>

— リアルタイムで、福島県を含む全国各地

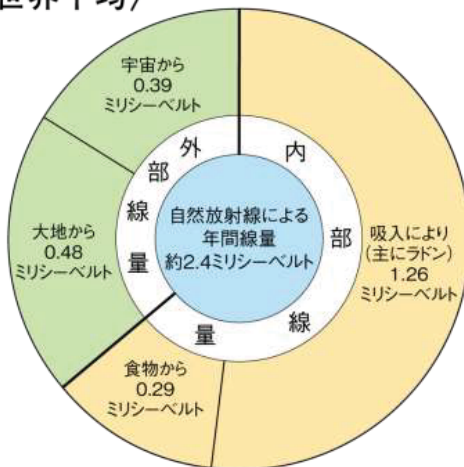
例えば 皆さんの1年間の被ばく線量 浜松市在住

• 生活場所での外部被ばく	0.62
– 大地放射線	0.33
– 宇宙線	0.29
• 飲食物による内部被ばく	0.98
• ラドンによる内部被ばく	0.60
• 医療被ばく (胸部:0.05, 胃:2.7)	(2.8)
合計 (医療による被ばくを除く)	2.20 mSv/年

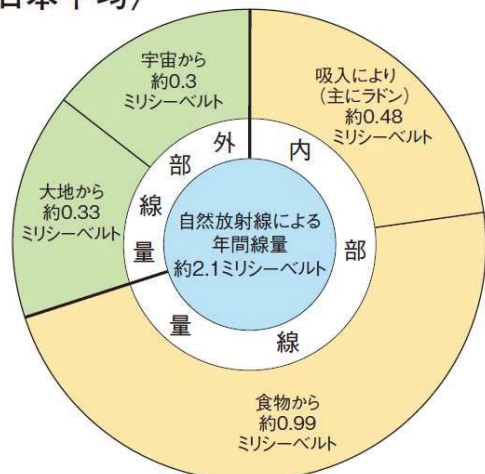
私たちが自然界から受けている放射線の量

私たちは、一人当たり、年間約2.1ミリシーベルト(世界は約2.4ミリシーベルト)の放射線を、自然界から受けている。

〈世界平均〉



〈日本平均〉



場所によって
放射線の量は違う

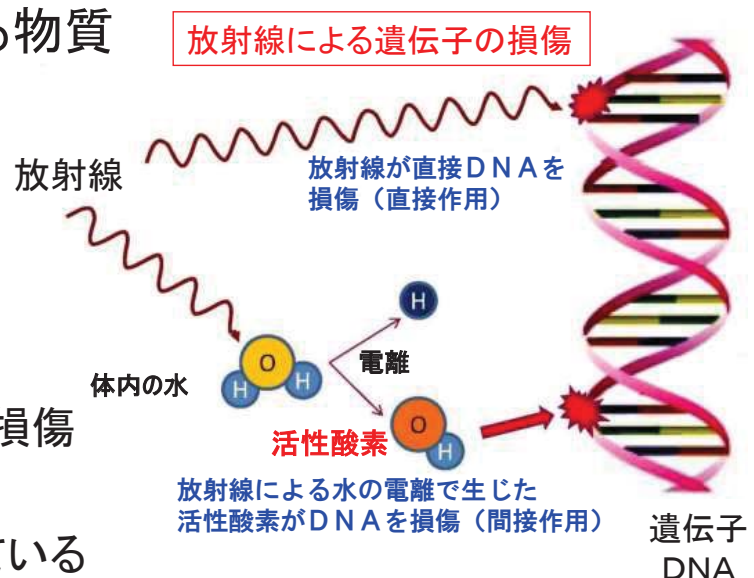
出典: 原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告、
(財)原子力安全研究協会「生活環境放射線」(2011年)より作成

Ⅲ 放射線の影響

- 生体反応(損傷のメカニズム)
- 確**定**的影響と確**率**的影響
- リスクという考え方

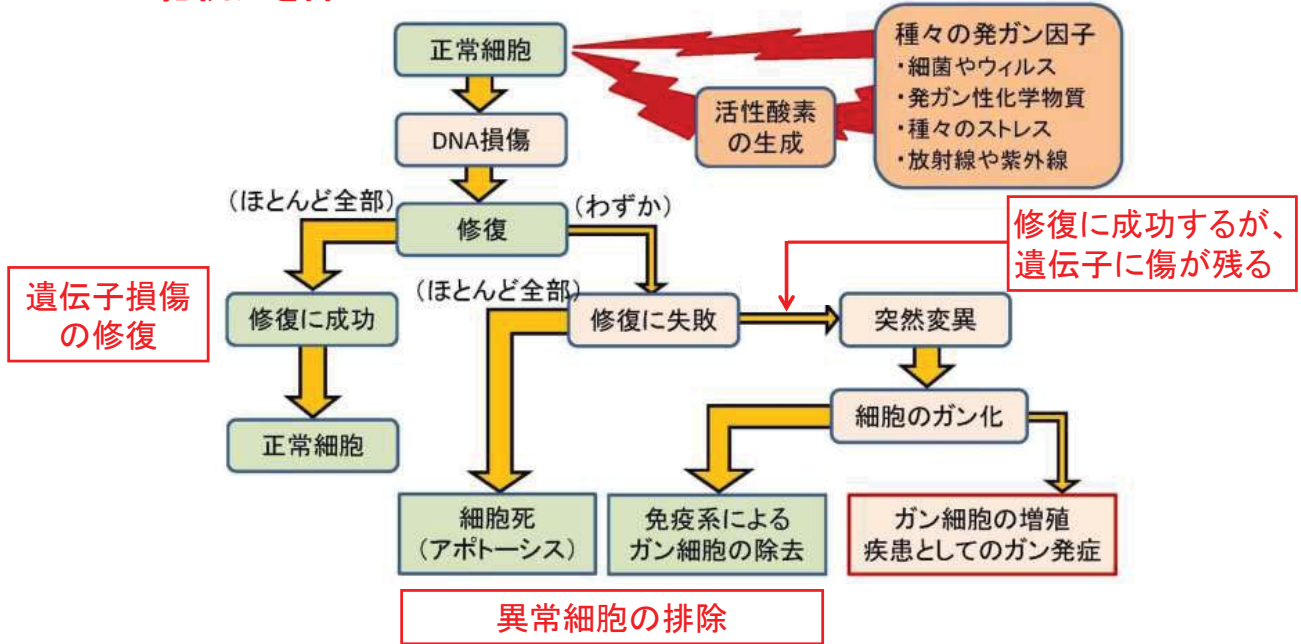
放射線による遺伝子の損傷

- 放射線により直接および間接的に損傷
 - 間接作用の発生割合が大きい
- 遺伝子を損傷させる物質
 - 食品添加物
 - タバコ
 - ストレスなど
- 遺伝子の損傷
 - 全身の細胞60兆個
 - 毎日7万～100万の損傷
 - 毎日損傷を修復し、異常細胞を排除している

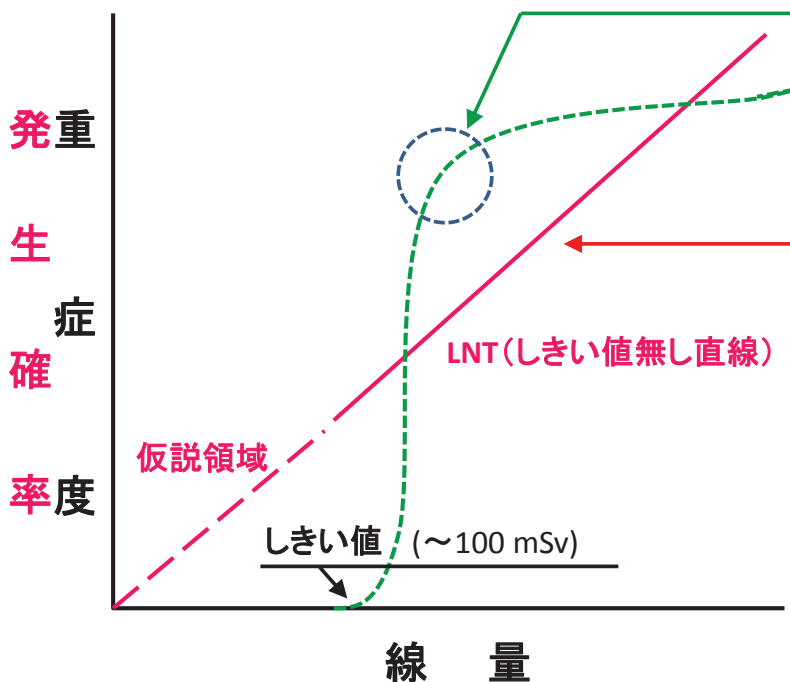


発がんのメカニズム

- 生体内には絶えず**遺伝子損傷**を修復したり、**異常細胞**を排除する多段階の発がん防御機能が備わっており、**放射線**に対して**一定の抵抗力**を持つ

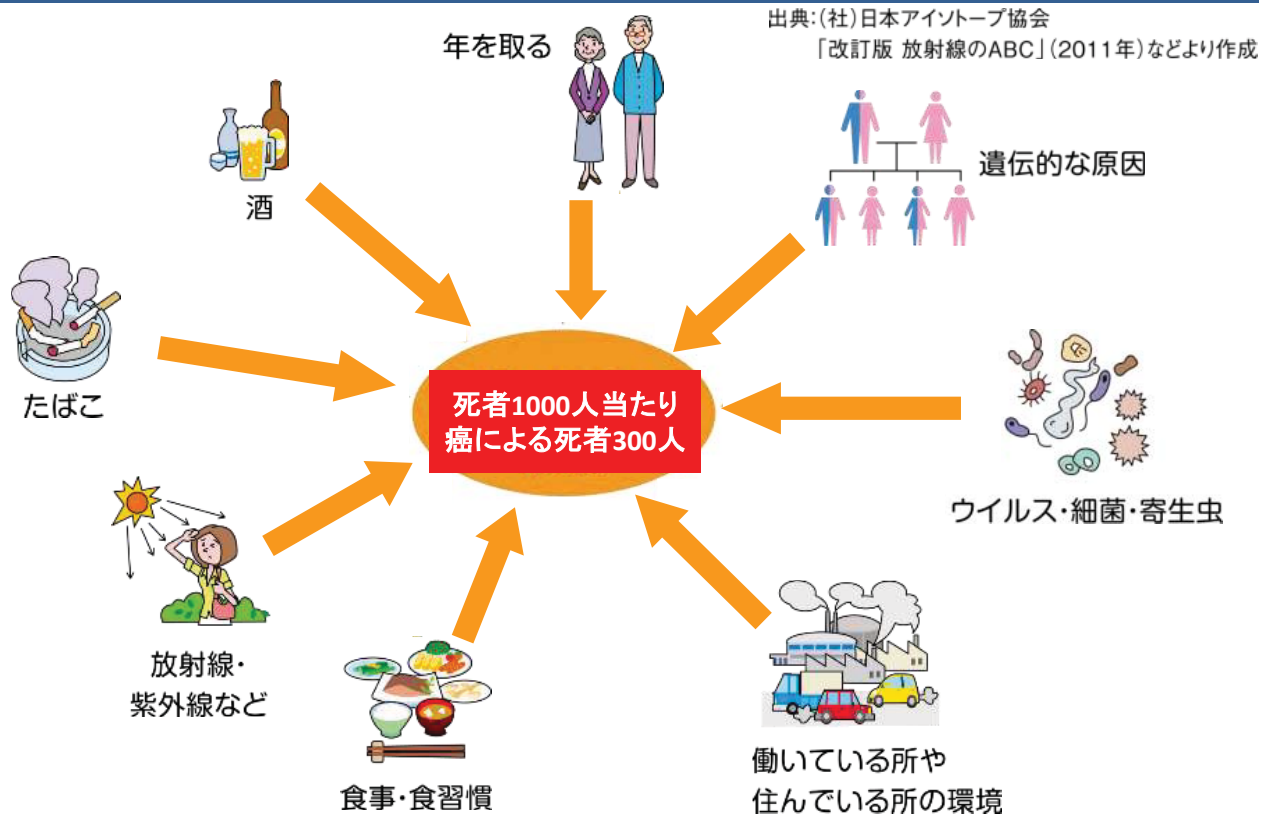


確定的影響と確率的影響



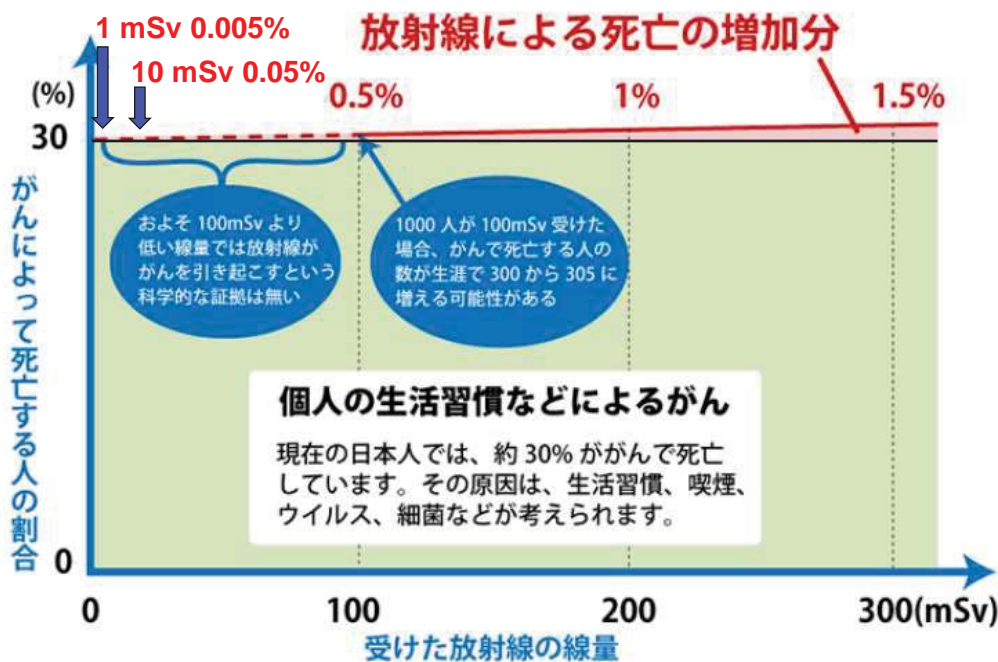
- 確定的影響**
 - ある値(しきい値)以上だと障害が発生する
 - 2,000mSv 一時的脱毛
 - 4,000mSv 永久脱毛
- 確率的影響**
 - 一定の確率で障害(がん、白血病)が発生する
 - 100mSv以下では、発生するかどうかについては**臨床学的、統計学的に分かっていない**

がんなどの病気を起こす色々な原因



放射線の発がん影響

放射線によるがん・白血病の増加



発がんの相対リスク ~生活習慣と放射線~

項 目	リスクの倍率
■夫が喫煙(1日1箱)で受動喫煙する妻	1.02~1.03
■野菜不足 (ほとんど摂らない)	1.06
■100~200 mSvの被ばく(原爆被爆者のコホート比較)	1.08
■塩分の取りすぎ (20 g/日) (厚生労働省は10g/日以下を推奨)	1.11~1.15
■200~500 mSv の被ばく	1.16
■運動不足 (ほとんど運動しない)	1.15~1.19
■肥満	1.22
■1,000~2,000 mSvの被ばく ■毎日2合以上の飲酒	1.4
■2,000 mSv 以上の被ばく ■喫煙 ■毎日3合以上の飲酒	1.6

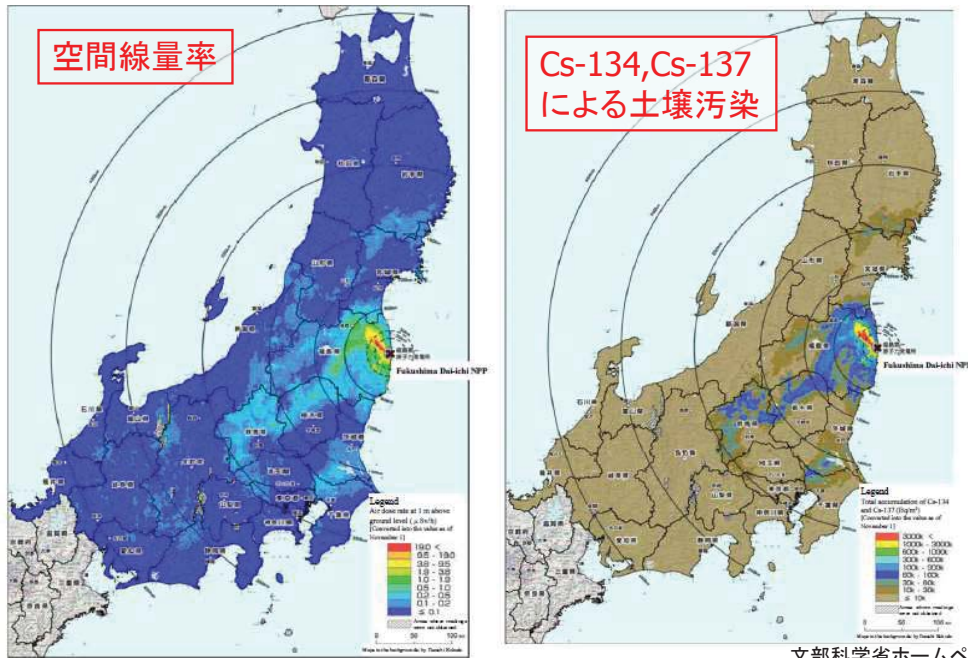
津金昌一郎(国立がんセンター予防研究部長)による(2011.4.25日経)

IV 放射線と暮らす

- 静岡県の放射線レベル
- 食品の放射能規制値

静岡県放射線レベル

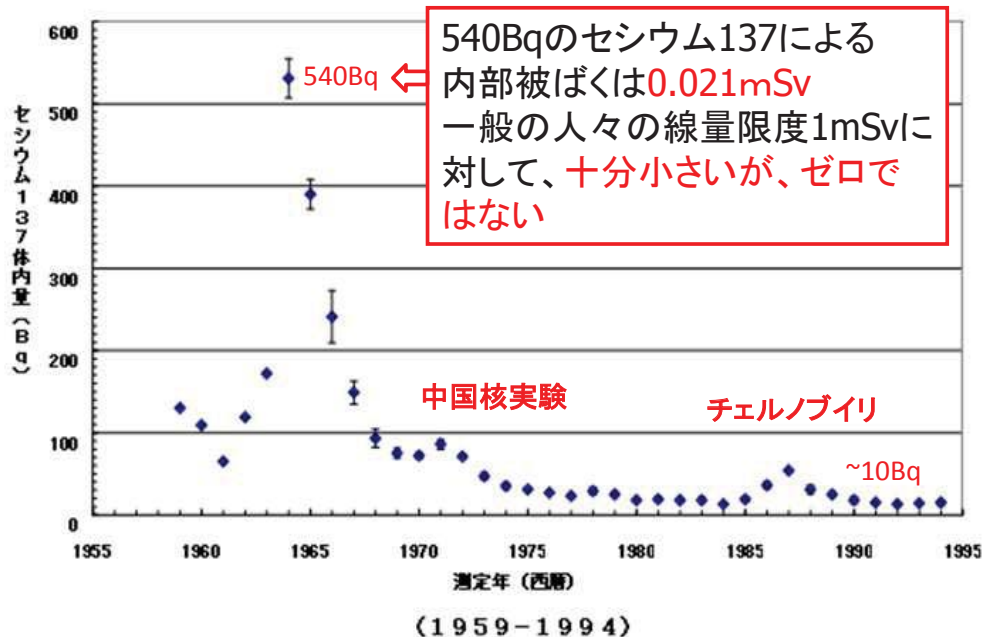
- 静岡県、空間線量も土壌汚染も問題ない⇒通常
- 去年は直接、茶葉に降ったセシウムで風評被害



文部科学省ホームページより引用

日本人成人男子のセシウム137体内量の推移

- 大気圏原爆実験がされていた1960年代が最大



出典: Health Physics 71, pp322(1996)の図.2の不要部分を削除し、さらに図. 2, 3から推定した1959年から1962年まで4年間の体内量を追加して改変

食品中の放射性物質の新たな基準値

- 放射性物質を含む食品から被ばく線量の上限を、年間5ミリシーベルトから年間1ミリシーベルトに引き下げ、これをもとに放射性セシウムの基準値を設定しました。

○放射性セシウムの暫定規制値

食品群	規制値 (単位:ベクレル/kg)
野菜類	500
穀類	
肉・卵・魚・その他	
牛乳・乳製品	200
飲料水	200

※ 放射性ストロンチウムを含めて規制値を設定

○放射性セシウムの新基準値

食品群	基準値 (単位:ベクレル/kg)
一般食品	100
乳児用食品	50
牛乳	50
飲料水	10

※ 放射性ストロンチウム、プルトニウムなどを含めて基準値を設定

- 食品の区分を変更
- 年間線量の上限を引き下げ

シーベルト：放射線による人体への影響の大きさを表す単位

ベクレル：放射性物質が放射線を出す能力の強さを表す単位

- (参考)食物の中の自然放射性物質の放射能量

- 干しこんぶ 2,000Bq/kg
- ほうれん草 200Bq/kg
- 魚、牛肉 100Bq/kg
- 牛乳 50Bq/kg

食品基準値の定め方

- 一般食品の基準値⇒ 100Bq/kg

- 食品カテゴリー

1ミリシーベルトを各食品カテゴリーに割り当て

0.1mSv	飲料水
0.225mSv	牛乳・乳製品
0.225mSv	乳児用食品
0.45mSv	その他

- 年齢区分別の摂取量と換算係数を考慮し限度値を算出

年齢区分	性別	限度値 (Bq/kg)
1歳未満	男女平均	460
1-6歳	男	310
	女	320
7-12歳	男	190
	女	210
13-18歳	男	120
	女	150
19歳以上	男	130
	女	160
妊婦	女	160

- 基準値

全ての年齢区分の限度値のうち最も厳しい値から基準値を決定

基準値
100Bq/kg

- 飲料水、乳幼児食品等の基準値は一般食品の基準値 100Bq/kgよりさらに1/10,1/2と厳しく定めた。

新基準による内部被ばく量

- 基準値の食品を摂取し続けたときの年線量 (mSv)
 - 例えば、1歳未満は 1mSvを大きく下回る
 - 13～18歳男で 0.80 mSv

1歳未満	1～6歳	7～12歳	13～18歳	19歳以上
0.29 (0.35)*	男 0.37 女 0.36	男 0.56 女 0.52	男 0.80 女 0.68	男 0.78 女 0.64

汚染割合；一般食品：50%、他：100%と仮定、*（）は牛乳の基準値を100 Bq/kgとした場合

- 実際の食品の濃度から推定した年線量 (mSv)
 - 新基準で厳しくなっても、年線量の減少量は0.008 mSvと少ない

	新基準 (中央値濃度)	暫定規制値 (中央値濃度)
全年齢 (平均摂取量)	0.043	0.051

← 0.008の減少

H.23.8.1～23.11.16 までの厚労省公表食品濃度を使用

他国の基準との比較.....

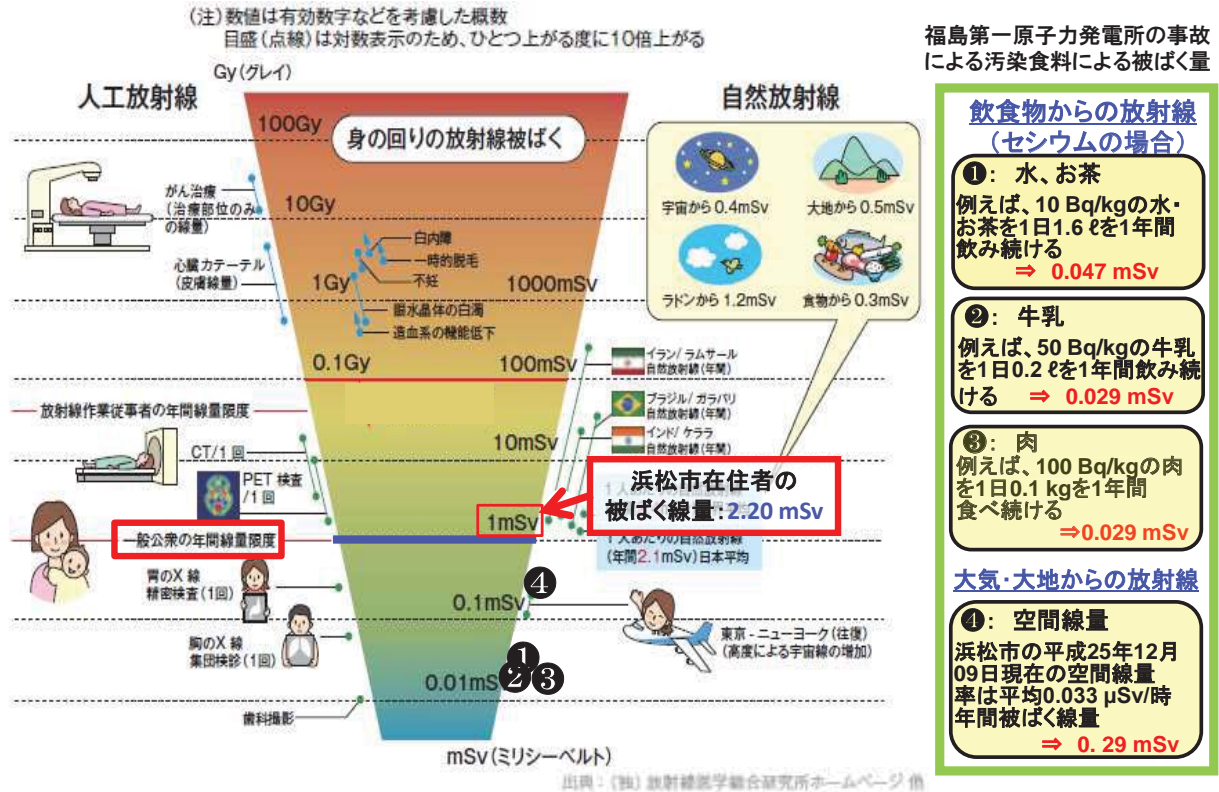
- 我が国の基準は欧米よりかなり厳しい
- 欧米からは厳しすぎるとの声もある
 - 食料品の輸入に障害となる可能性

(単位:Bq/kg)

	日本	EU	米国	Codex
一般食品	100	1,250	1,200	1,000
水	10	100	1,200	1,000
牛乳	50	100	1,200	1,000
乳幼児用乳製品	50	400	1,200	1,000

Codex:FAO,WHOが関与する政府間の国際委員会(国際食品規格を策定)

放射線による被ばくの比較



Shizuoka University

今、静岡県内の私たちが生活する上で...

- 外部被ばく: 特に考慮の必要はない
 - 静岡県は自然放射線のレベル
- 内部被ばく: 特に考慮の必要はない
 - 流通商品は基準内

Shizuoka University

最後に

ものを怖がらな過ぎたり、
怖がり過ぎたりすることはやさしいが、
正当に怖がることはなかなかむずかしい



放射線・放射能に関する科学的知識



ご清聴、ありがとうございました。