

知っておきたい放射線基礎知識

2015/11/28

勝山市福祉健康センター「すこやか」にて
食品に関するリスクコミュニケーションについて

公立大学法人 福島県立医科大学
放射線腫瘍学講座 佐藤 久志

自己紹介

- 専門はがんに対する放射線治療です



- μ (マイクロ)やm(ミリ)つかない放射線量で、がん治療を行っています だいたい10万倍ぐらい・・・
- 私の物差しは、少し緩いかもしれません
- 2人の子供がいます
- 福島県産を好んで食べています

まずはじめに質問 . . .

- 放射線物質が多く含まれるのはどっち？

1) 市販のスポーツ飲料



2) 震災後1ヶ月目の福島市水道水



答え 1です

1) 市販のスポーツ飲料

1Lに200mgのカリウム(K)が溶けています

Kが1gで30.3Bqの放射能：6.06Bq

2) 震災1ヶ月目の福島市水道水

1Lに数mgのKが溶けています

Kが1gで30.3Bqの放射能：0.1Bq

福島市のセシウム137放射能：最大1Bq

自然放射線 (年間)

宇宙 : 0.3mSv
空気中 : 0.4mSv
大地 : 0.4mSv
体内 : 1.0mSv
年間 : 2.1mSv

世界平均は2.5mSv

宇宙線
1500m上昇で2倍
富士山の山頂で4倍
飛行機で10倍



人間は、放射線に囲まれて生きています。
それに、自分の体からも出しています。

本日の内容

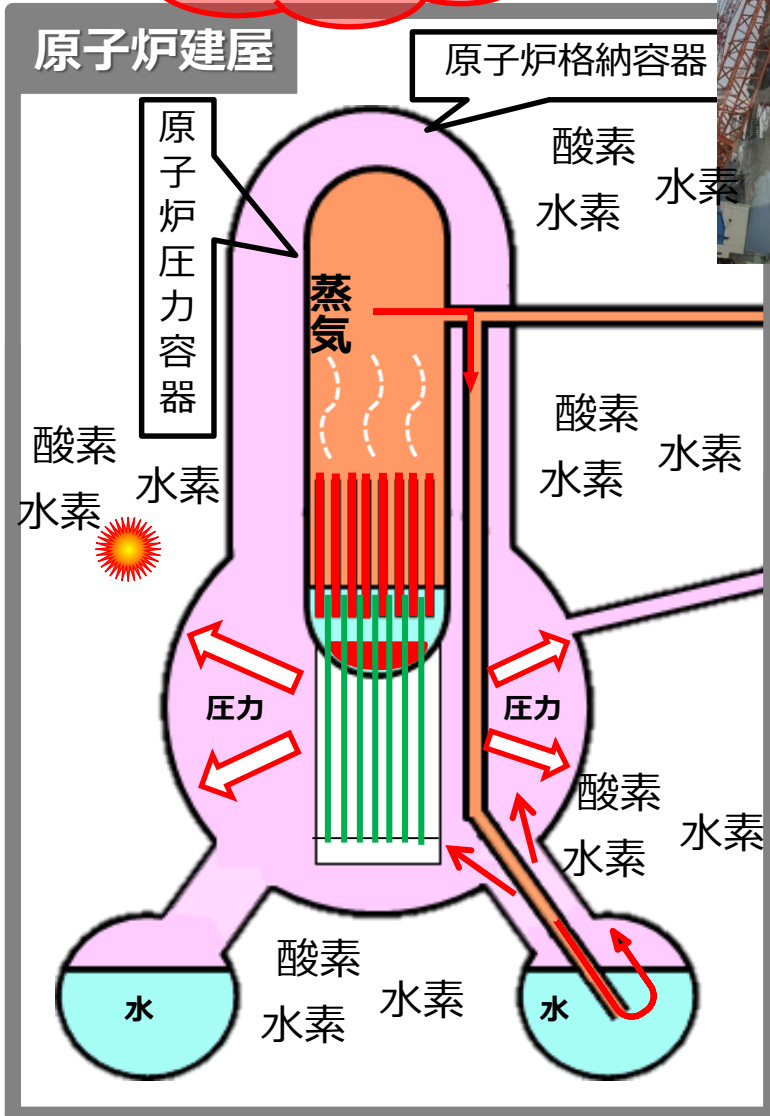
- 福島放射線事故って？
これを知らるのが大事！
- 放射線の種類
- 確定的影響と確率的影響
- 放射線の影響量と防護量
- 放射線と他の癌リスクの比較

本日の内容

- **福島放射線事故って？**
これを知らるのが大事！
- 放射線の種類
- 確定的影響と確率的影響
- 放射線の影響量と防護量
- 放射線と他の癌リスクの比較

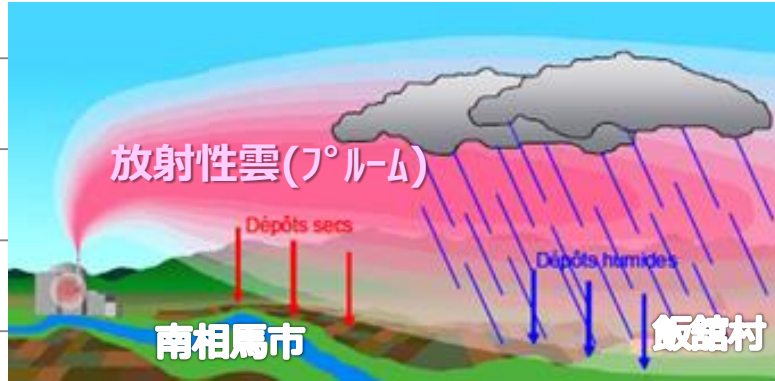
原子炉では

水素爆発

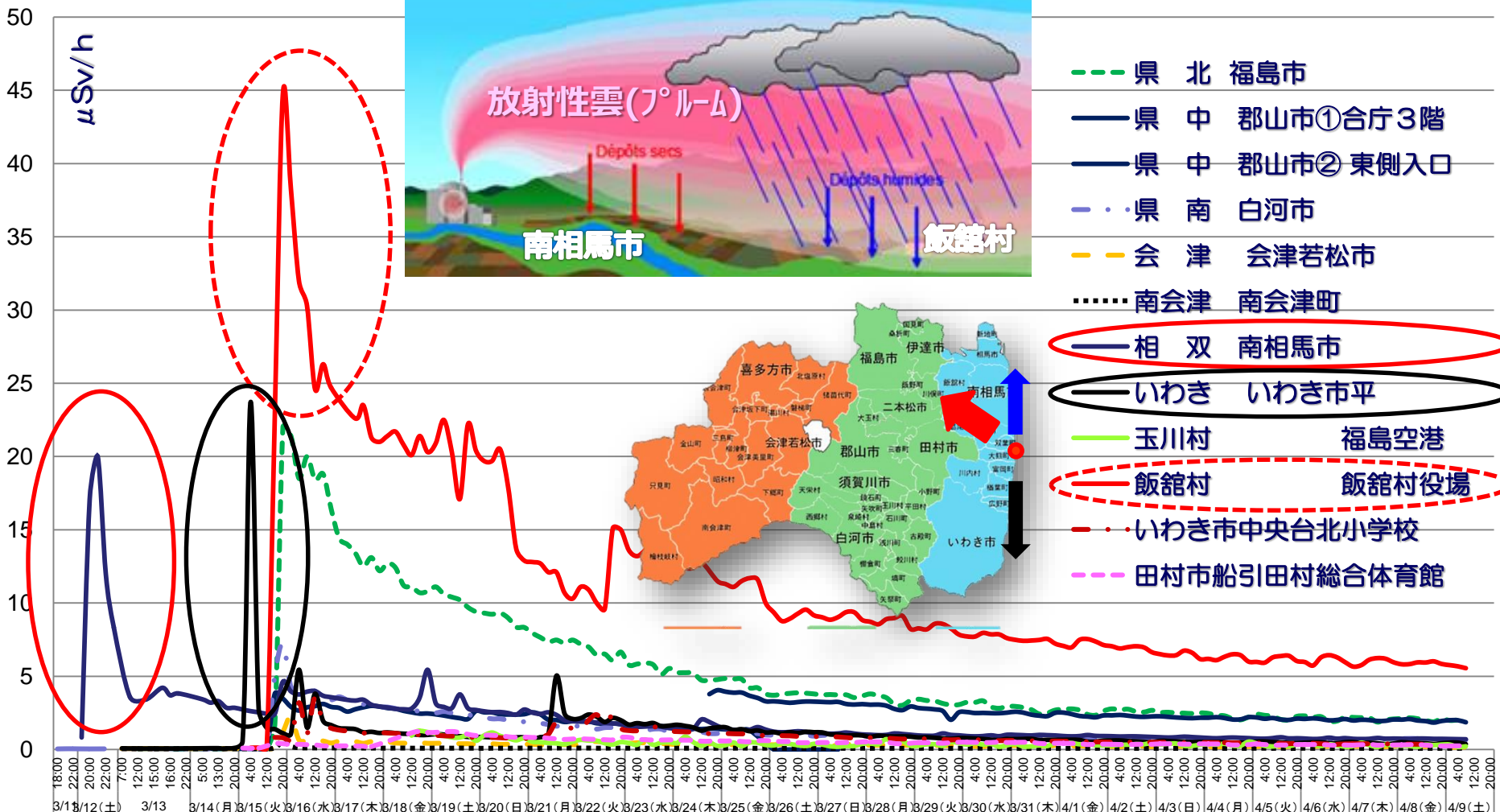


- ①地震・津波で電源喪失
- ②緊急炉心停止
制御棒の挿入による
臨界停止
- ③冷却機能の喪失
- ④崩壊熱による炉心融解
- ⑤蒸気の圧力上昇
水⇒酸素+水素の発生
- ⑥水蒸気爆発を避けるため
大気中にベント
- ⑦火花で水素爆発
- ⑧30km圏外へも飛散

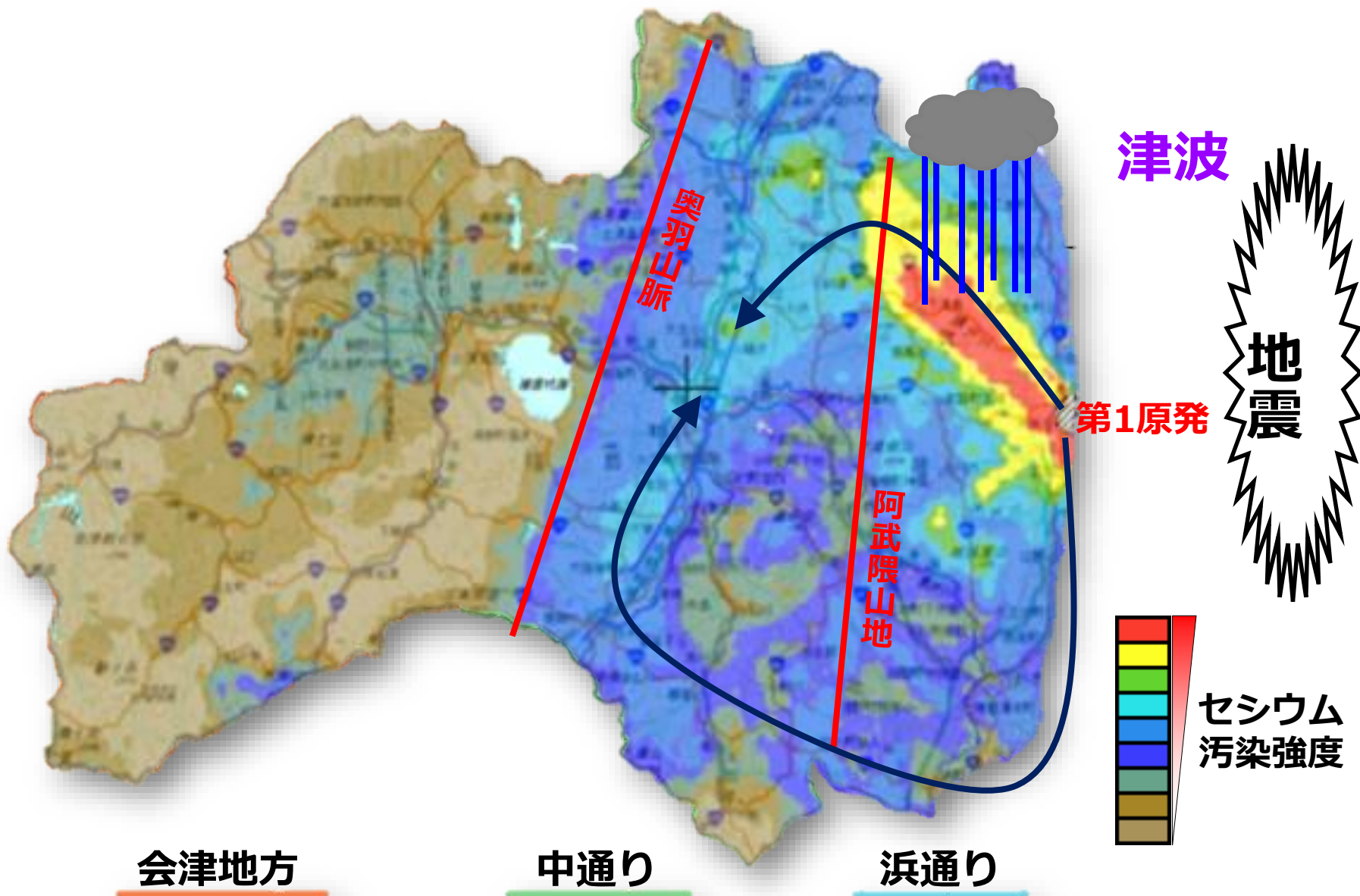
県内各地の空間線量推移



- 県北 福島市
- 県中 郡山市①合庁3階
- 県中 郡山市② 東側入口
- · - 県南 白河市
- - - 会津 会津若松市
- 南会津 南会津町
- 相双 南相馬市**
- いわき いわき市平**
- 玉川村 福島空港
- - - 飯館村 飯館村役場
- · - いわき市中央台北小学校
- · - 田村市船引田村総合体育館

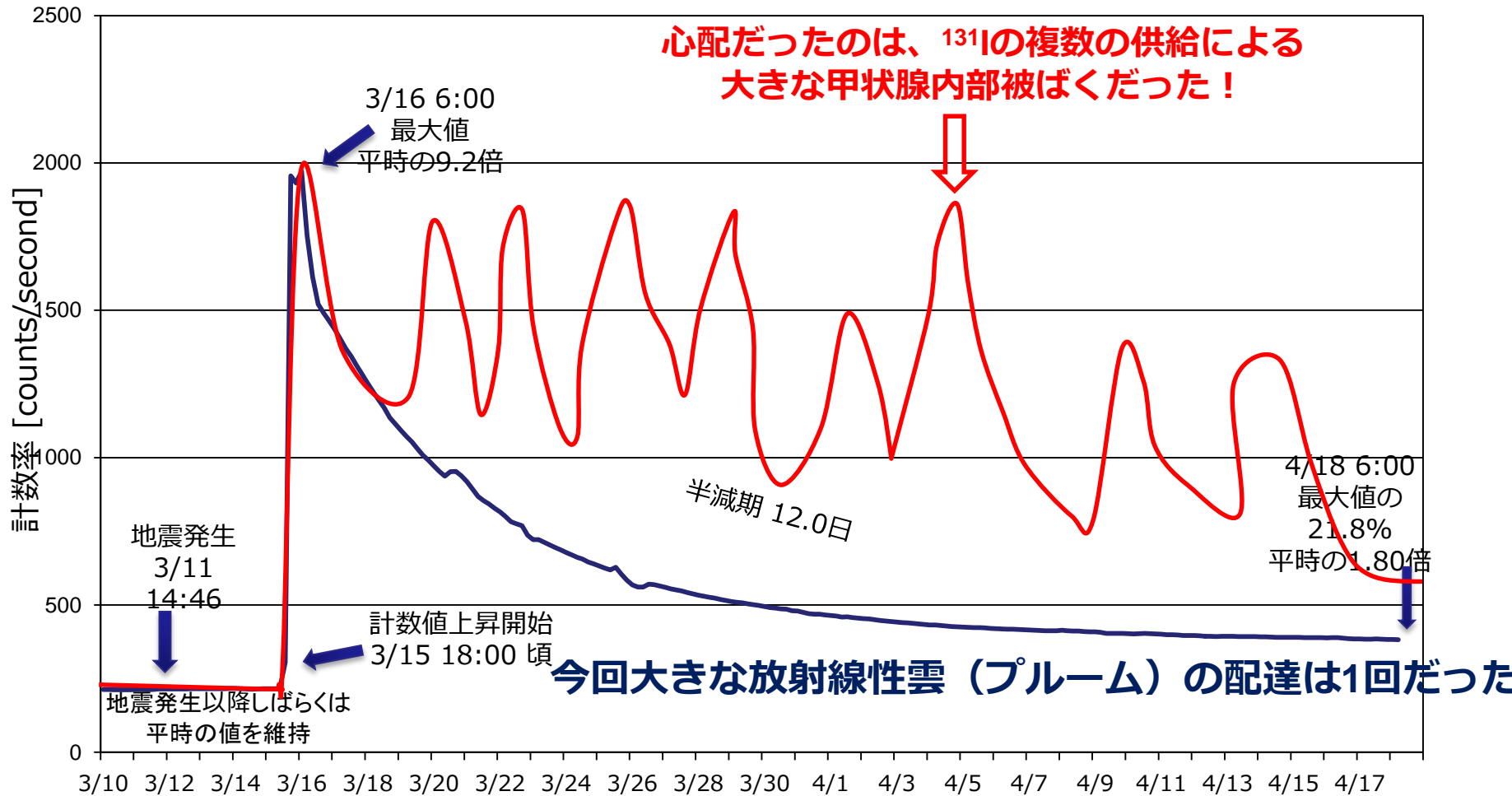


津波と汚染マップ



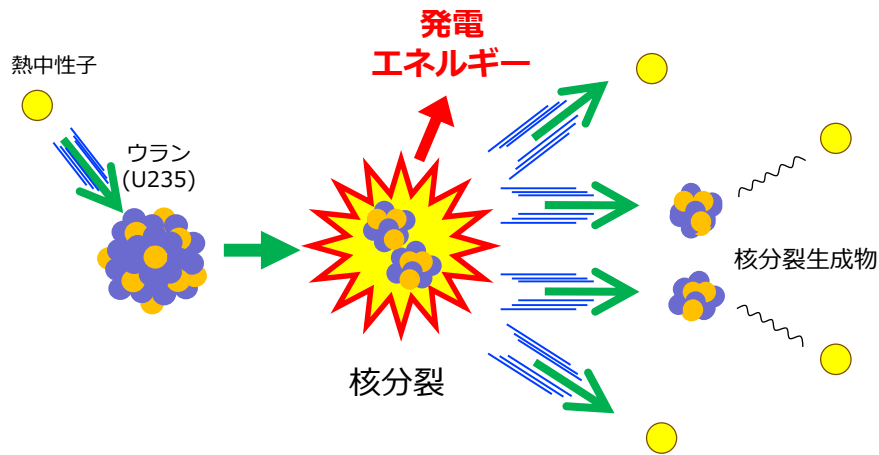
大学の震災前後データ

福島県立医科大学医学部物理学講座教授室 NaI シンチレーションカウンター 4 時間毎の全計数率



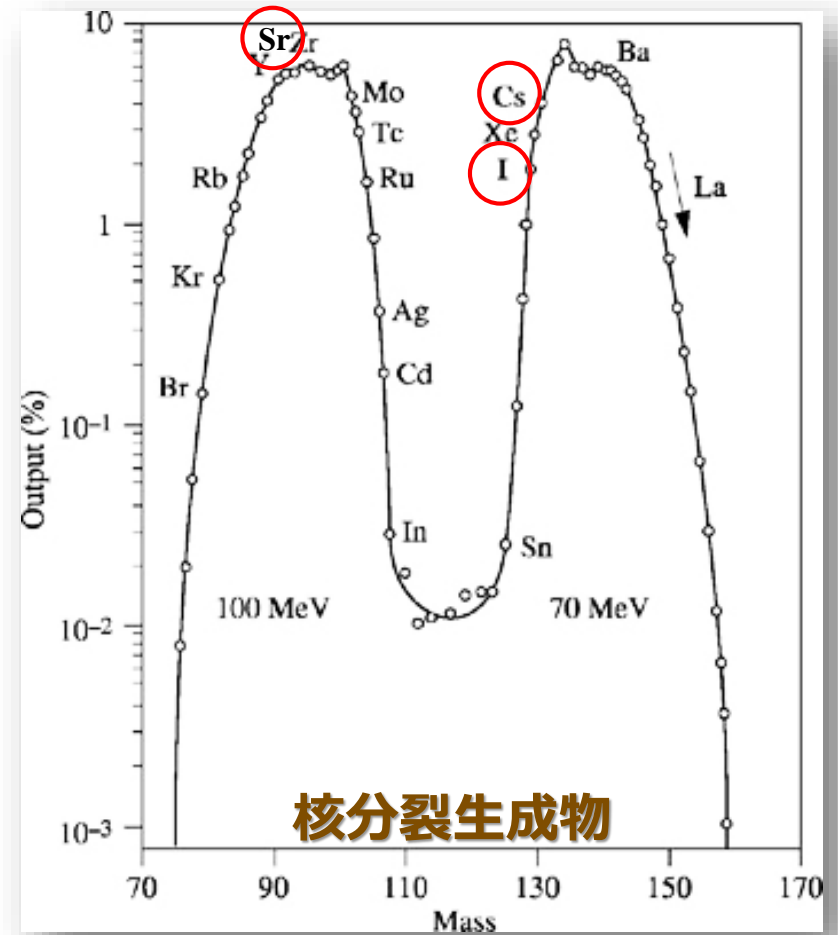
3月11日 (金) 14時46分「東北地方太平洋沖地震」発生 地震発生前後の時系列

何が飛んできたのか？



主に質量数が90と130前後の核種

この物質は不安定
↓
放射線を出して安定化



！ ウラン・プルトニウムよりも、セシウム・ヨウ素が飛んできた

飛んできた放射線物質の特徴

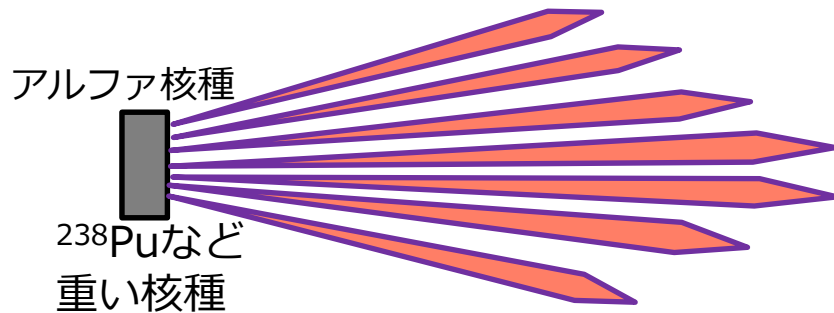
生成物(壊変形式)	収率	物理学的半減期	関与について
セシウム133	6.79%	安定	×
ヨウ素135(β)	6.33%	6.5時間	×半減期短い
ジルコニウム93 (β)	6.30%	153万年	×半減期長い
セシウム137(β/γ)	6.09%	30年	○
テクネチウム99	6.05%	21万年	×半減期長い
ストロンチウム90(β)	5.75%	29年	○
ヨウ素131(β/γ)	2.83%	8日	○
プロメチウム147	2.27%	2.6年	×低いエネルギー
サマリウム149	1.09%	安定	×
ヨウ素129	0.66%	1570万年	×半減期長い

！ 半減期が数日から数年・気化するもの・軽いものが心配

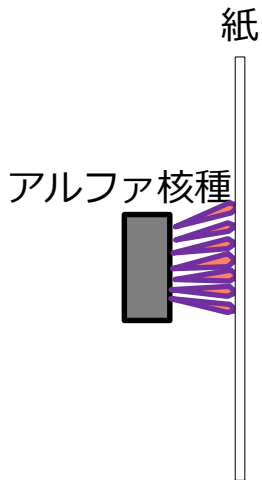
本日の内容

- 福島の放射線事故って？
これを知るのが大事！
- **放射線の種類**
- 確定的影響と確率的影響
- 放射線の影響量と防護量
- 放射線と他の癌リスクの比較

アルファ線



空中飛呈は数cm
水中飛呈は数 μm



ヘリウムの原子核

質量数が大きすぎると
ヘリウムを排出し安定化

放射線加重係数が20で高い

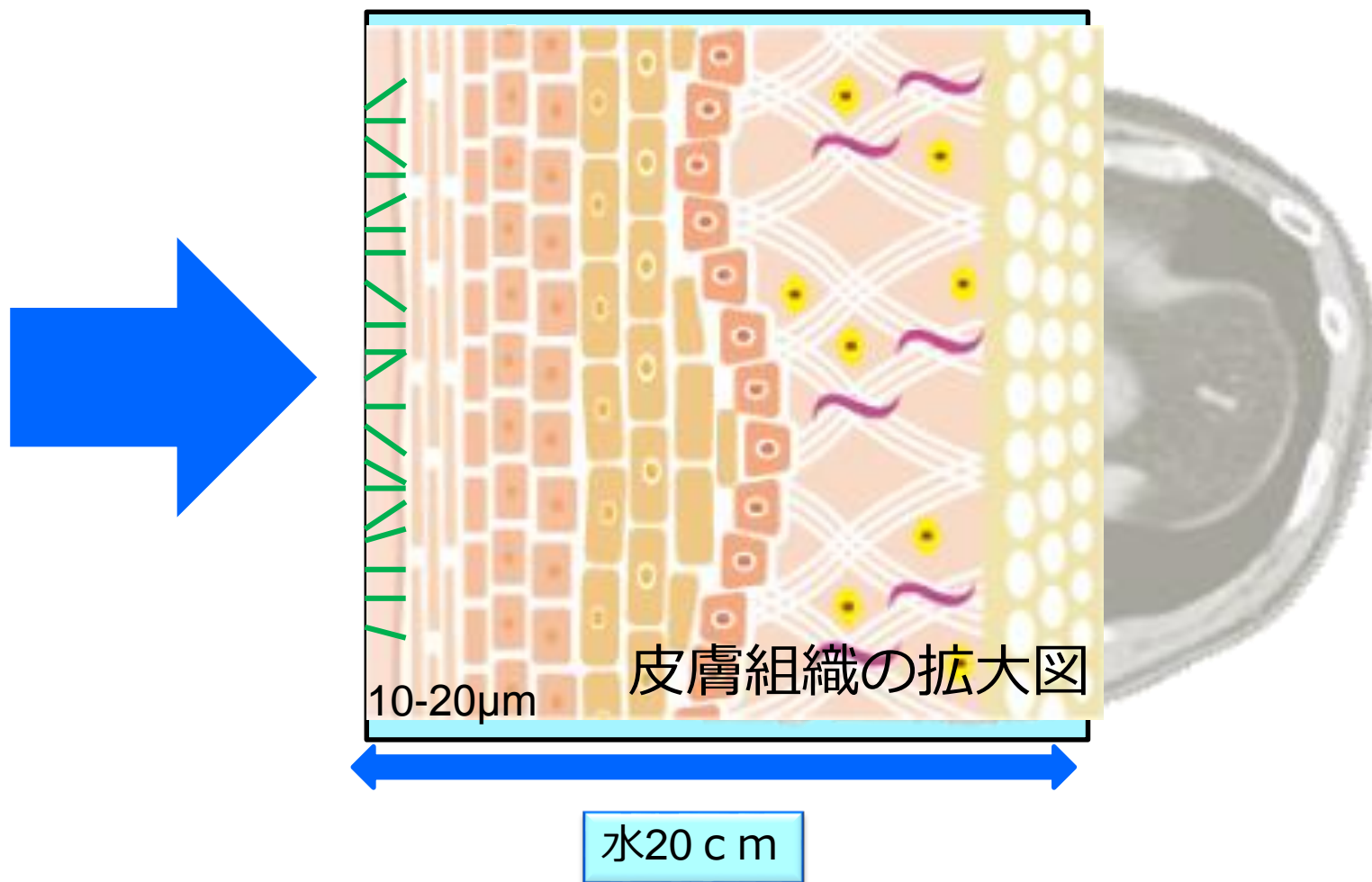
体内に取り込んだ場合
内部被ばくに関与

飛程短く、紙一枚で防御可能

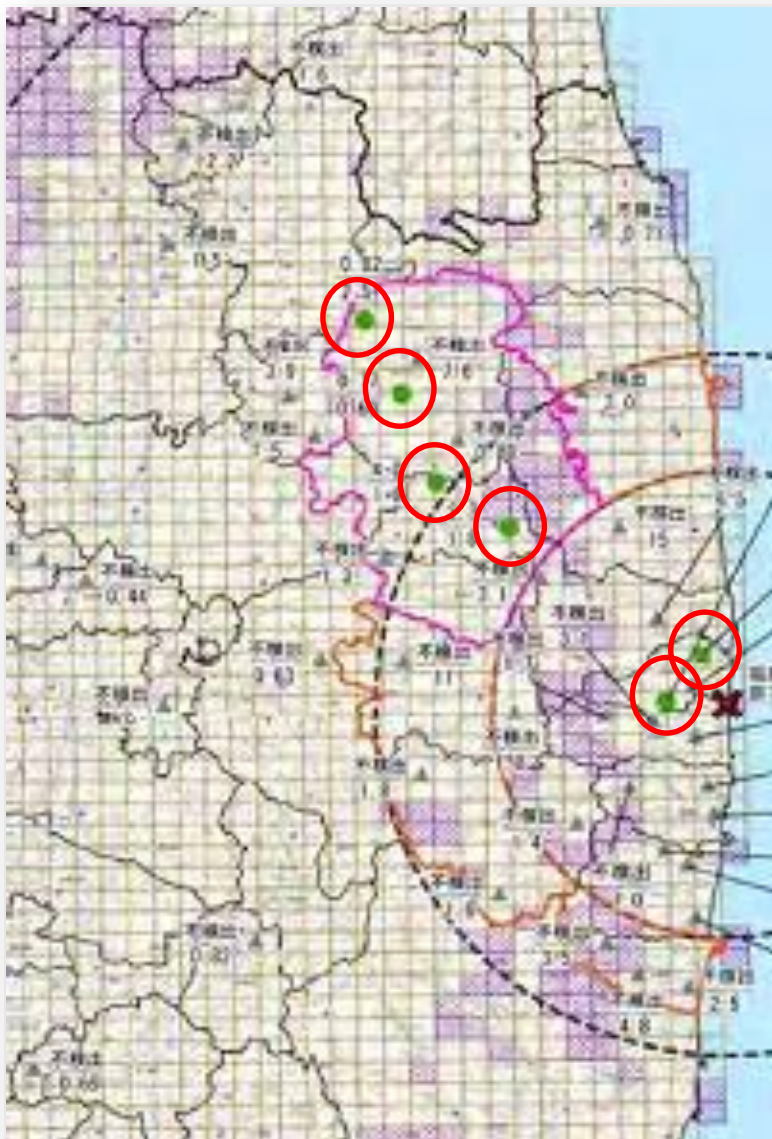
吸入・付着しないことが重要

放射線はどこまで進む？

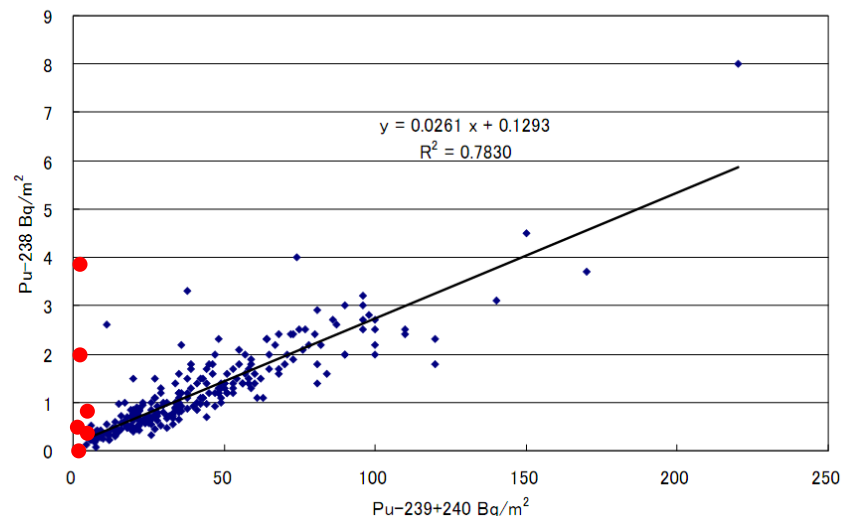
α 線（影響を及ぼす範囲は緑色）



福島のプロトニウム汚染は？



●平成11～20年度までの環境放射能水準調査の結果

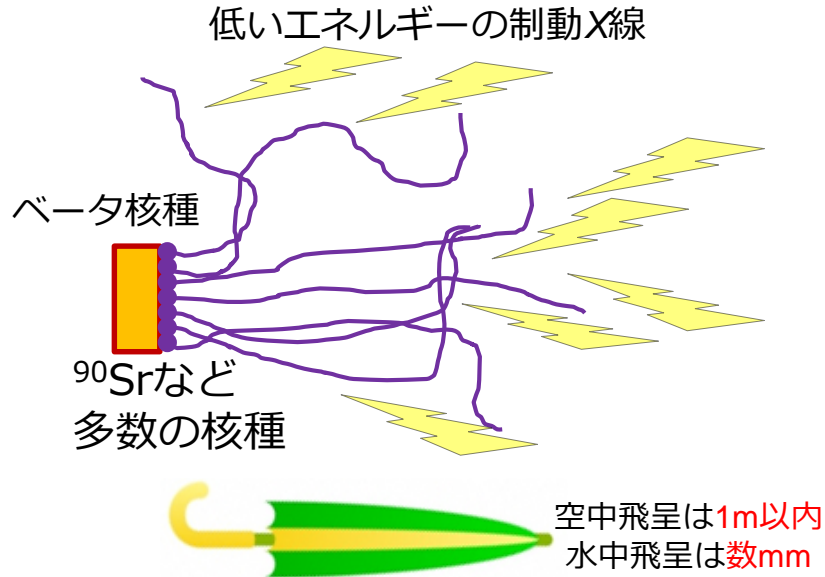


**プルトニウム²³⁸が赤で検出
すべて大気圏核実験での降灰レベル
半減期の短いタイプが多いので
今回の事故が原因と考えられる**



**いずれにしても、非常に低い
心配する必要なし**

ベータ線



高速で放出される電子

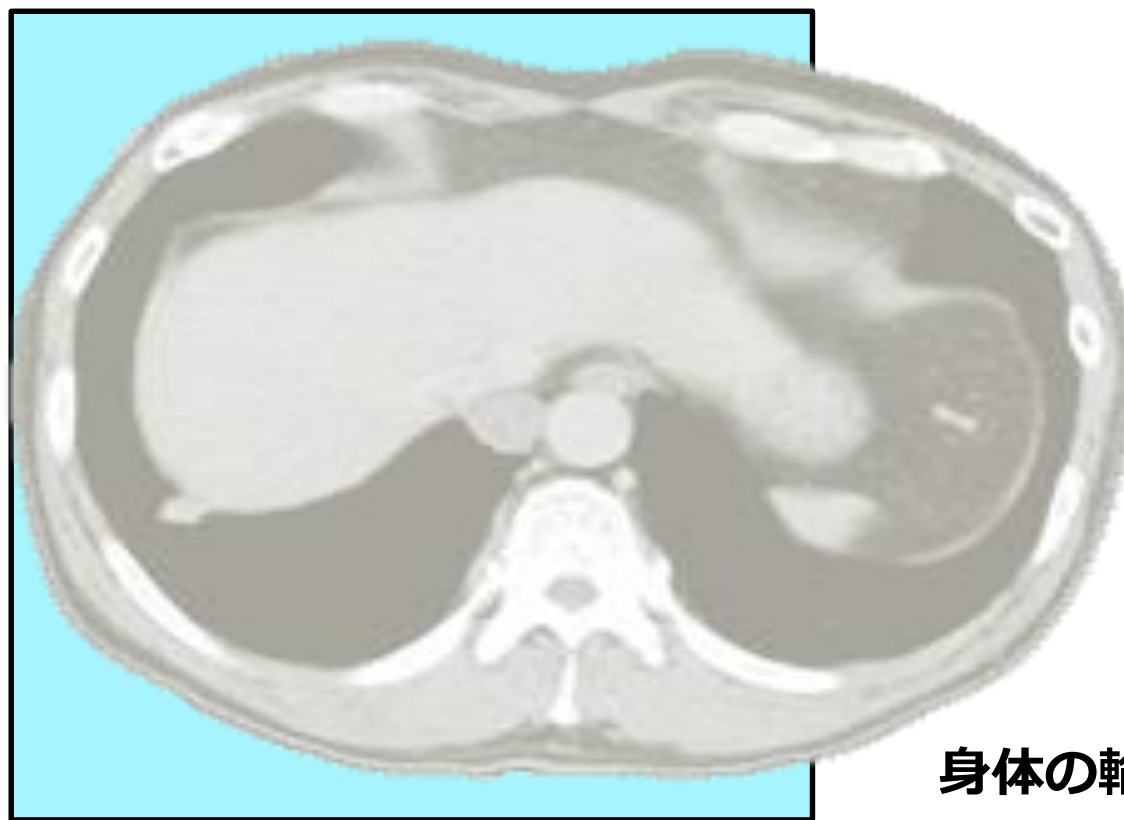
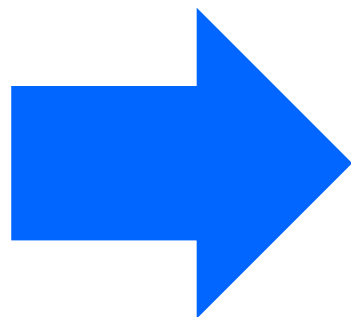
中性子数が多すぎるとき
電子線を出して陽子を残す

放射線加重係数が1で低い

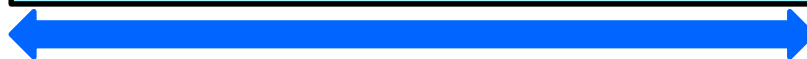


吸入・摂取しないことが重要
内部被ばくの主要原因

ベータ線は体のどこまで進む？



身体の輪切り



水20 c m

参考

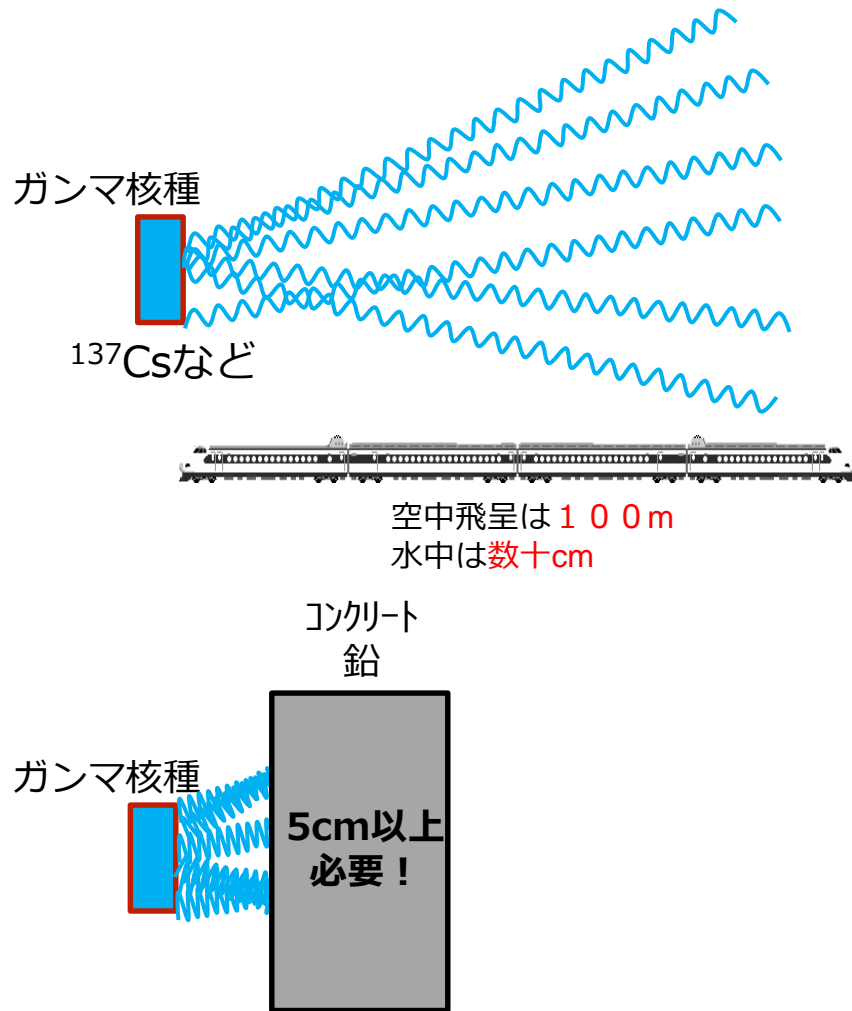
Cs134 : 0.66MeV

Cs137 : 1.18MeV

I131 : 0.61MeV

K40 : 1.3MeV

ガンマ線



興奮している原子核が
ガンマ線を放出して
安定化する現象

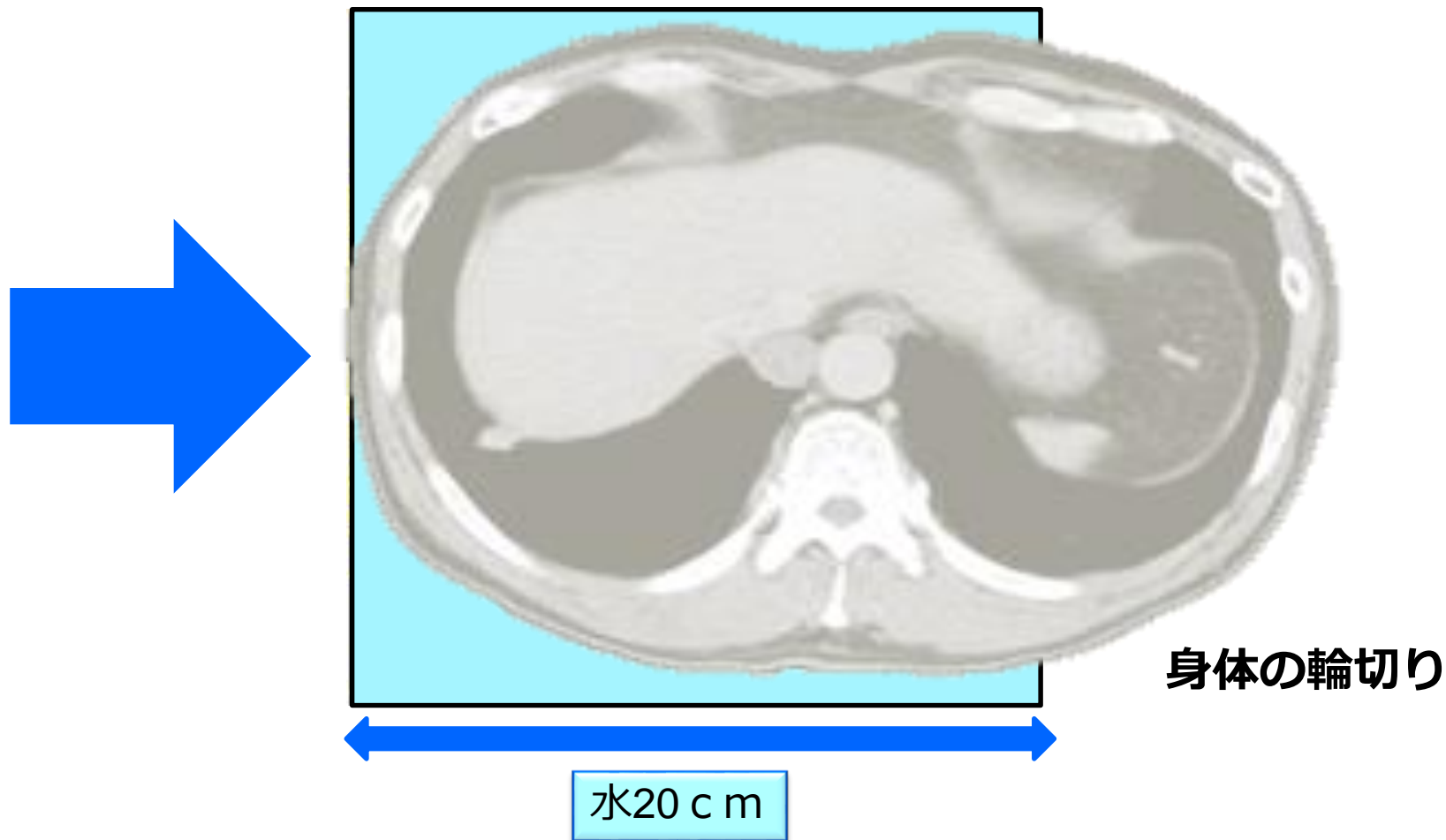
放射線加重係数は1で低い

防護服では防御不可
体内の深部まで通過

時間・距離で防御する
外部被ばくの主要原因

ガンマ線は体のどこまで進む？

「線（影響を及ぼす範囲は黄色）



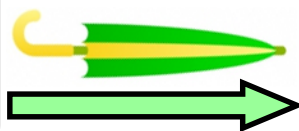
線質のまとめ (空中飛程)

近寄らなければ問題なし

アルファ線



ベータ線



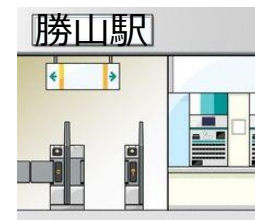
ガンマ線



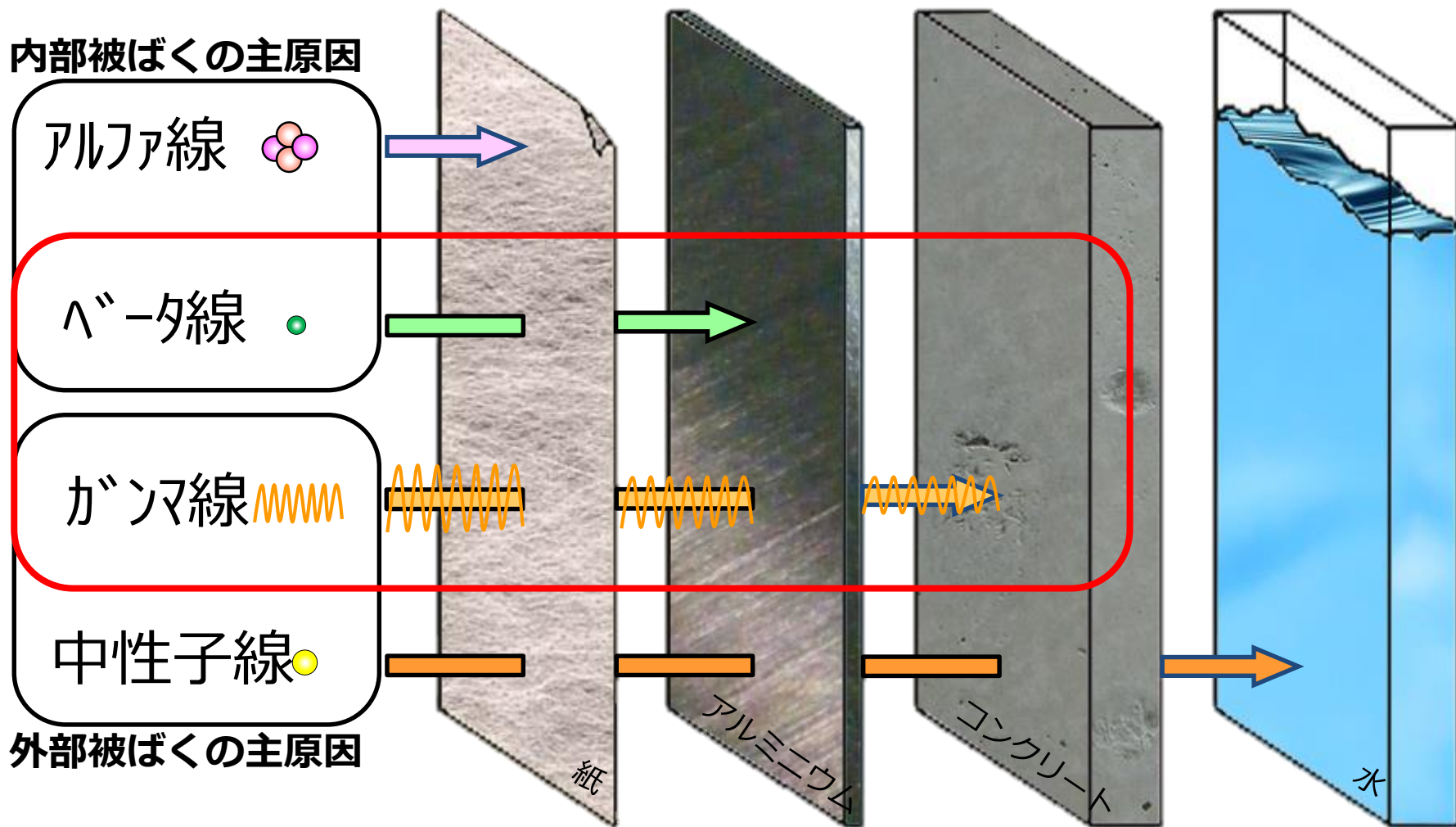
中性子線



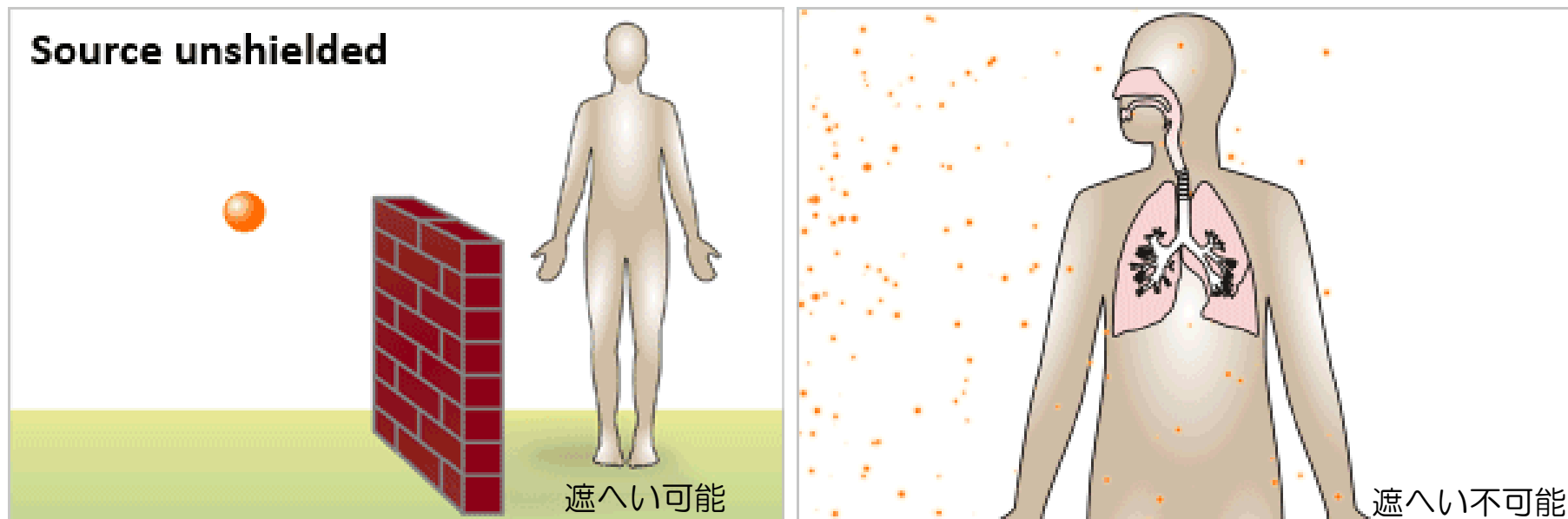
逃げるのは難しい



線質のまとめ (水中飛程)



内部被ばくと外部被ばく



身体の外部線源から放射線を受ける：外部被ばく

→主にガンマ線・中性子線

体や地面の表面に放射性物質がつく：表面汚染

→主にベータ線とガンマ線

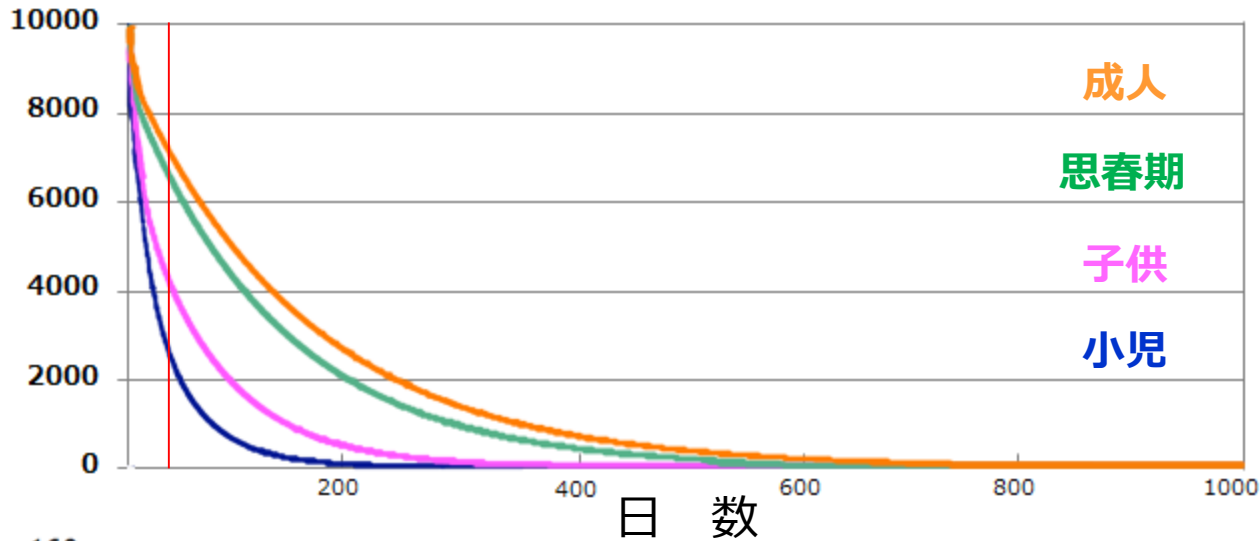
体の中に放射性物質が入り込む：内部被ばく

→主に、アルファ線とベータ線

引用：

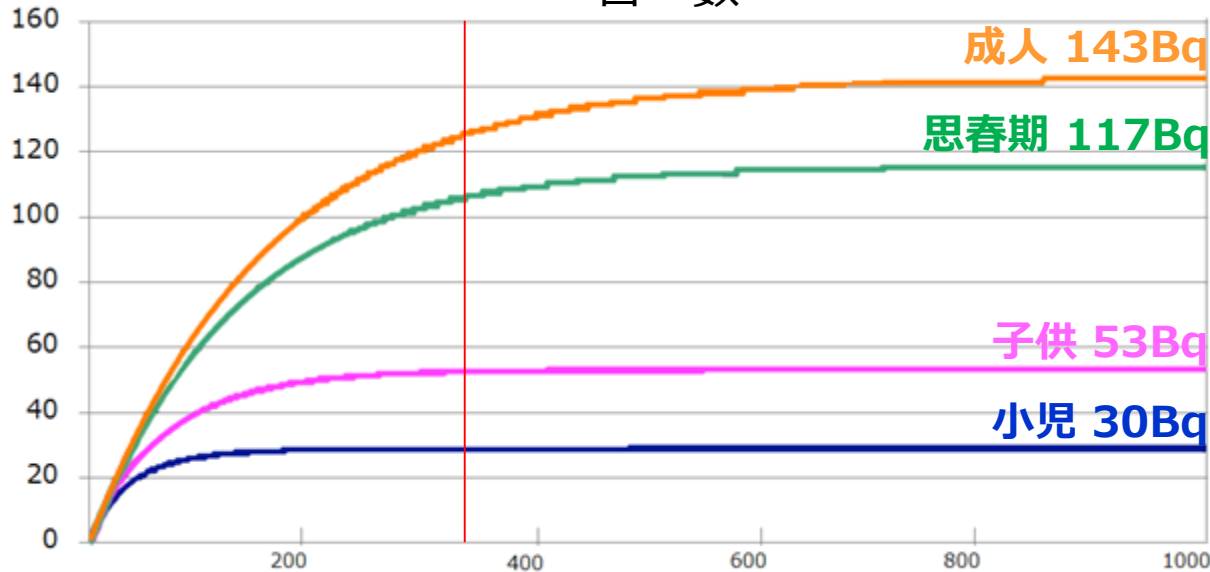
U.S. Department of Health & Human Services
Radiation Emergency Medical Management
<http://www.remm.nlm.gov/imagegallery.htm>

セシウムの生物学的半減期と残留量



10,000Bq を1回で
取りこんだ場合

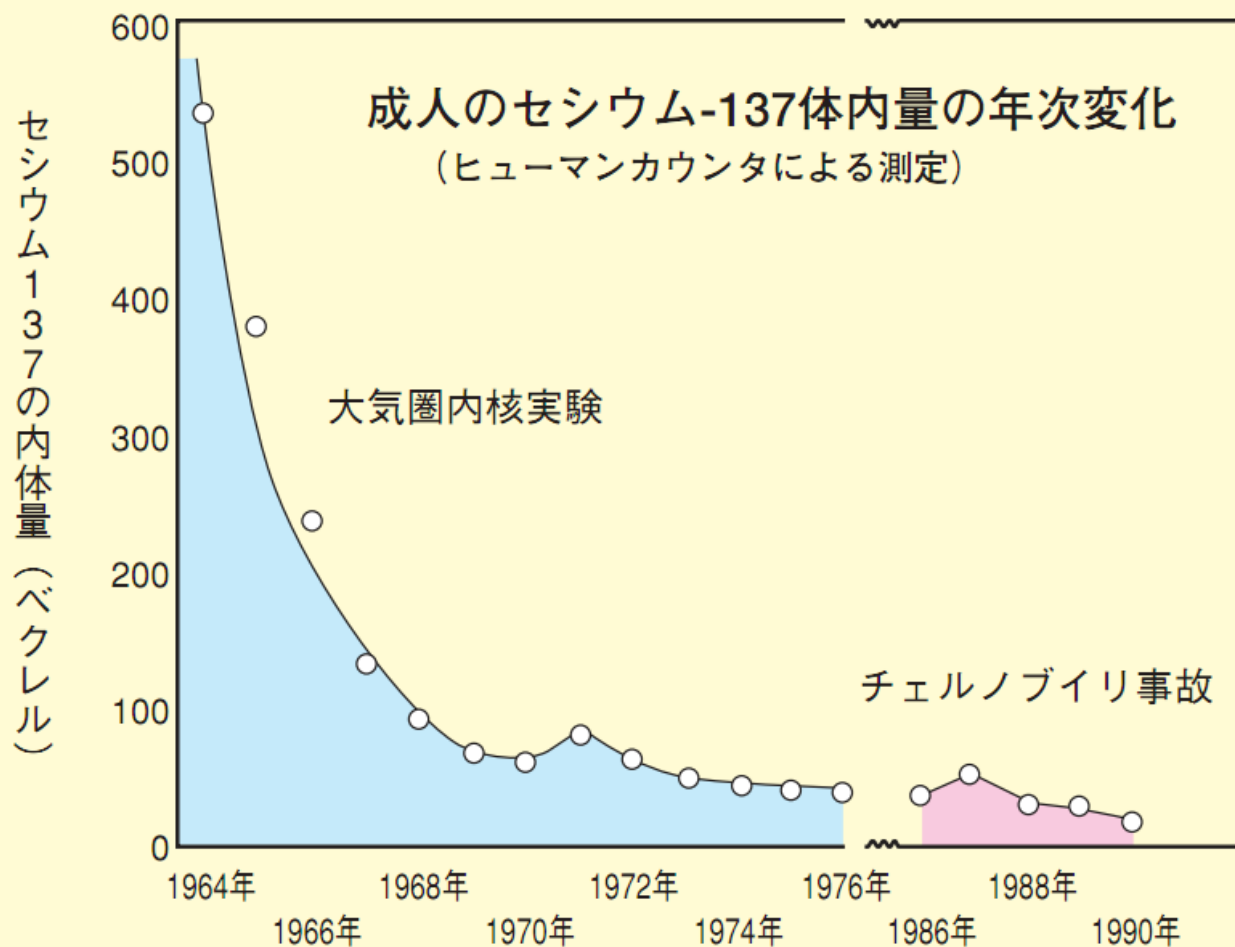
若年のほうが
排泄がはやい



毎日 1Bq を
取り込んだ場合

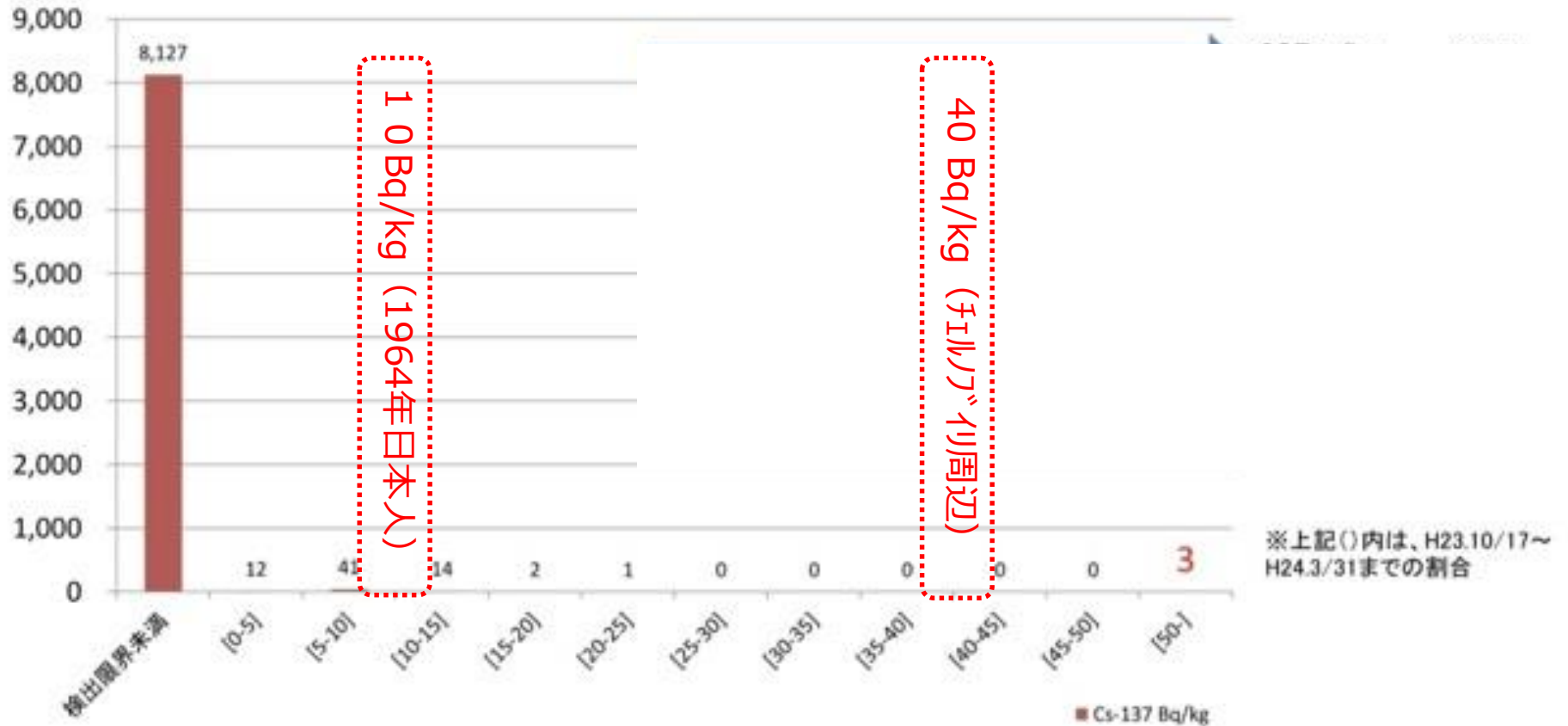
若年のほうが
滞留量が少ない

過去の人体内放射能量



内山正史：「ホールボディカウンティングと日本人の放射性セシウムによる内部被曝線量」放射線科学、Vol.34, No.6, P169-P170, 1991。
1986年以降のデータはセシウム-137とセシウム-134との和である。チェルノブイリ事故（1986年）の影響で1987年のセシウム-137の体内量は再び増加した。

図1. ひらた中病院で計測したセシウム137体内放射能量別被検者数
 H24.4/1～7/31施行 CANBERRA社製 FASTSCAN
 福島県広域、周辺県全年齢対象(n= 8,200)



検出限界未満	[0-5]	[5-10]	[10-15]	[15-20]	[20-25]	[25-30]	[30-35]	[35-40]	[40-45]	[45-50]	[50-]
8,127	12	41	14	2	1	0	0	0	0	0	3
99.11%	0.15%	0.50%	0.17%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%

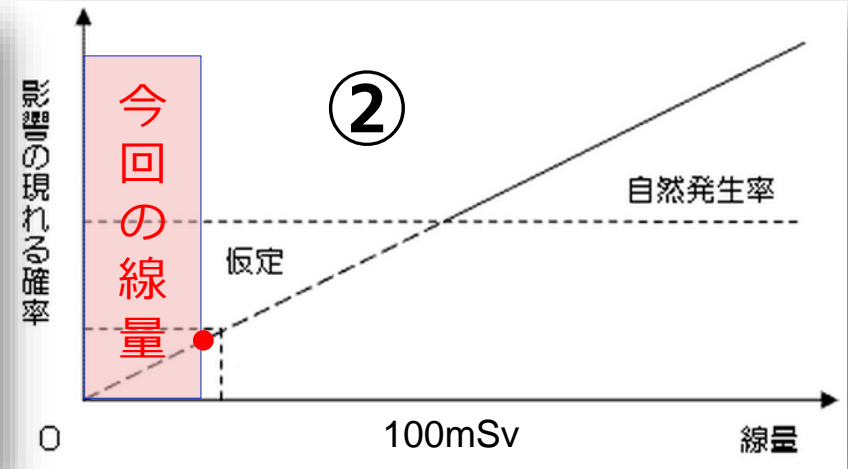
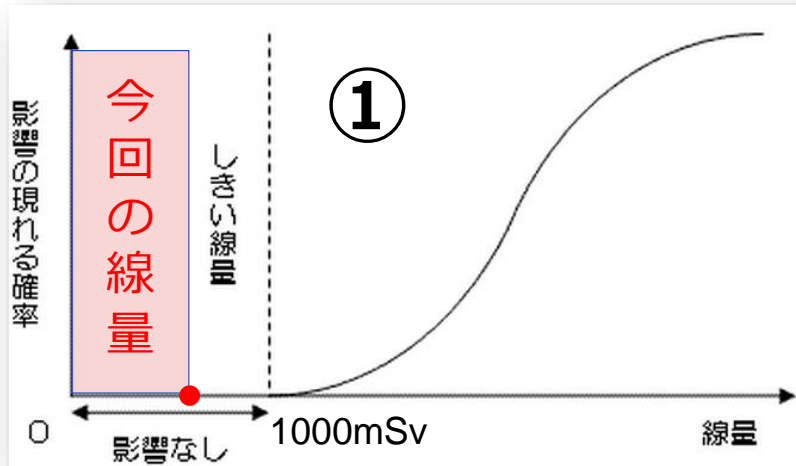
福島での内部被ばくについて

- 福島でセシウムによる内部被ばくは、1ミリシーベルトを超える方はほとんどいない
- 高い結果が出るのは、**高齢者**で天然の**山菜やキノコ**を**常食**されているのが原因
- WBCを受ける目的は、被ばく線量の換算ではなく、年に1回測定し、前年と変化がないことで慢性的に摂取していない事を確認すること
- 外部被ばく線量よりもっと少ない線量であった

本日の内容

- 福島の放射線事故って？
これを知るのが大事！
- 放射線の種類
- **確定的影響と確率的影響**
- 放射線の影響量と防護量
- 放射線と他の癌リスクの比較

確定的影響と確率的影響



① 確定的影響(白内障・皮膚炎・脱毛・骨髄抑制等)

ある一定以上の線量(しきい値)を受けないと影響が出ないもの
原発内・周囲作業者のみに可能性：一般の方が浴びる線量ではない

② 確率的影響(がん・遺伝影響等)

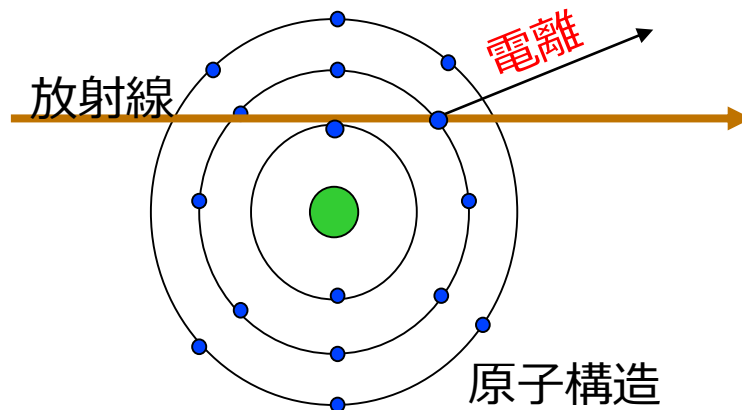
少ない線量から影響が発生し、増加に伴い確率が増えるもの
100mSv以下での増加は確認できていない
放射線防護の観点では「しきい値なし線形 (LNT) 仮説」を採用

放射線の電離作用

電離作用が強い



飛程が短い



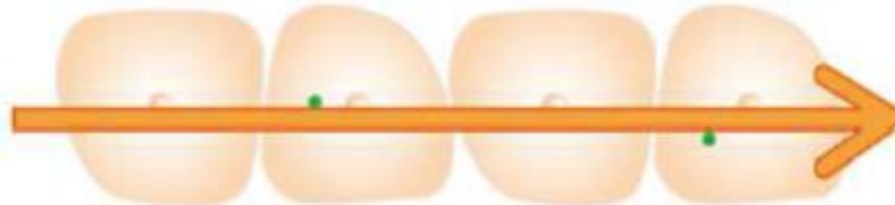
α 線



細胞

高い密度の電離

γ 線、 β 線



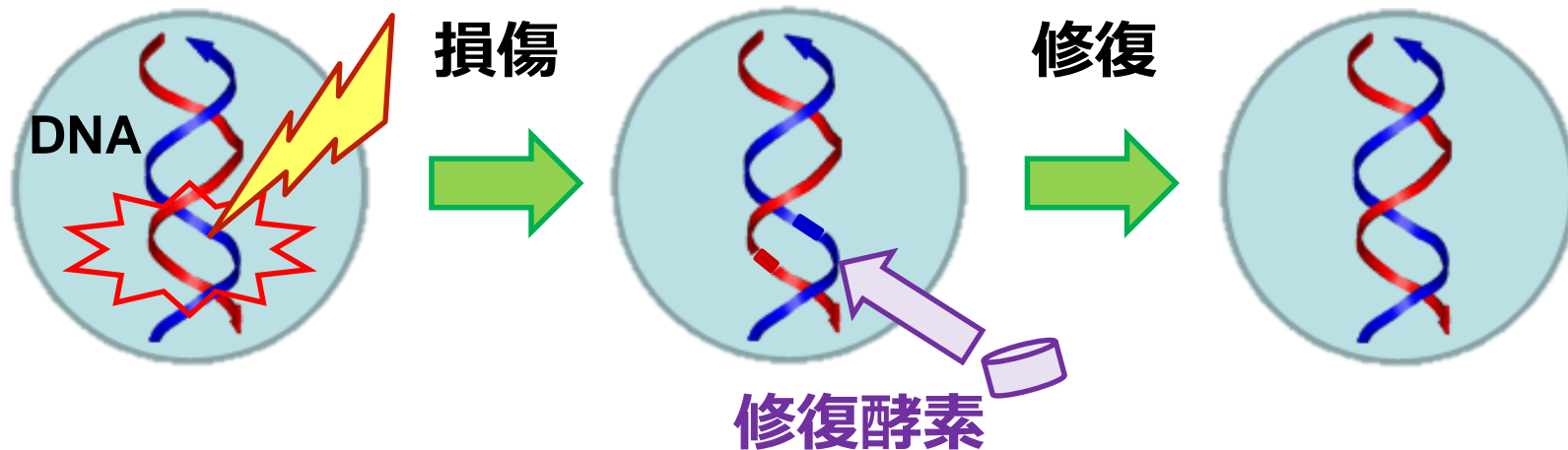
低い密度の電離

DNAの損傷と修復

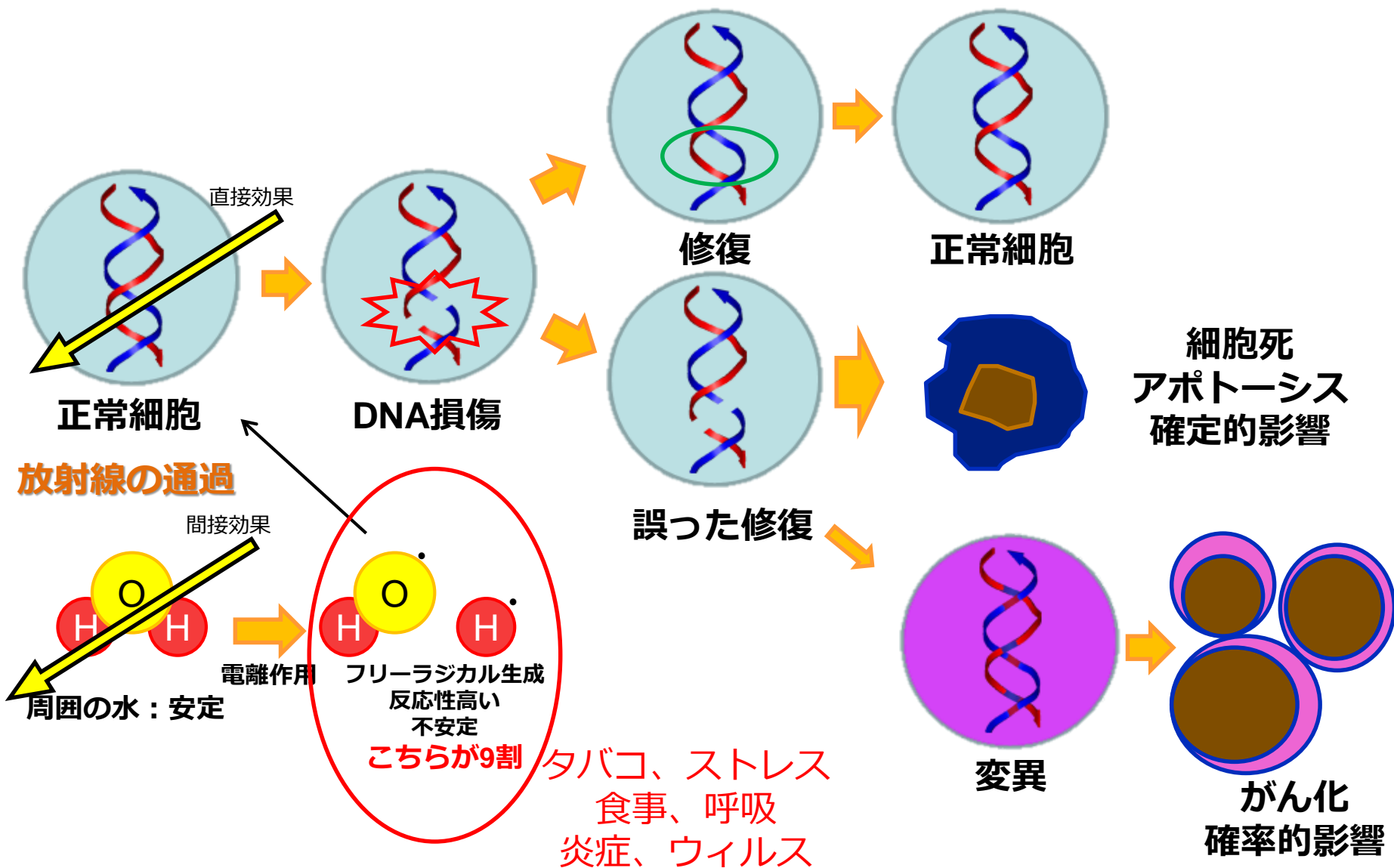
X線1mGy当たりの損傷/細胞	
塩基損傷	2.5カ所
一本鎖	1カ所
二本鎖	0.04カ所

<

タバコ・活性酸素
ウイルス等
↓
毎日1万～100万損傷



放射線による細胞への影響



被ばくの影響と時間経過

1/1000秒

1秒

1時間

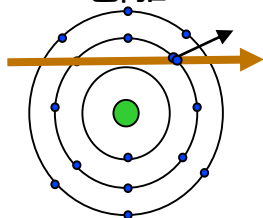
1年

10年

100年

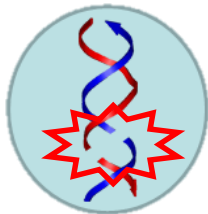
物理的变化

電離



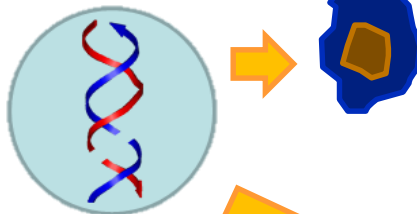
生化学的变化

損傷修復



生物学的变化

細胞死



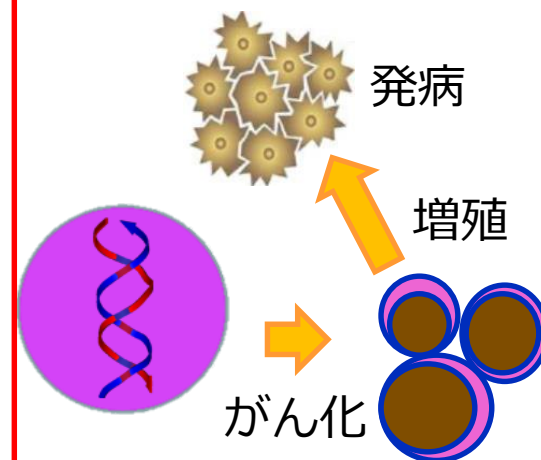
変異

生物学的变化

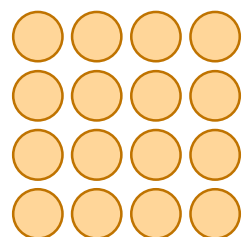
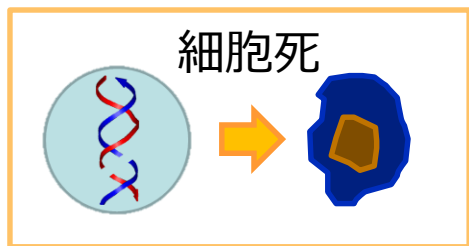
発病

増殖

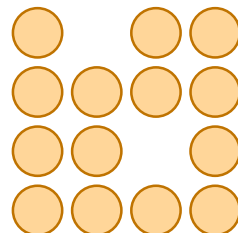
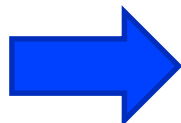
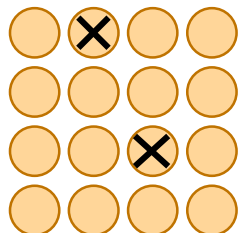
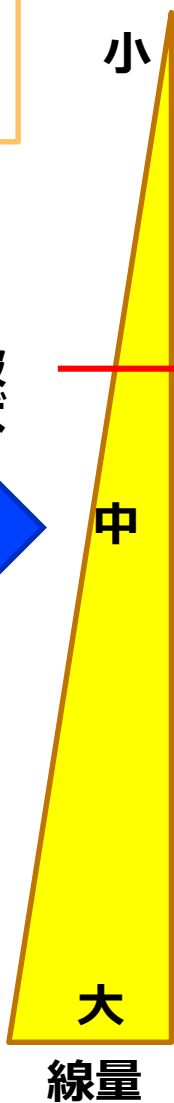
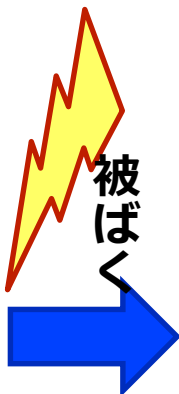
がん化



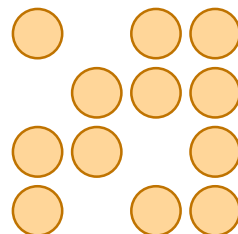
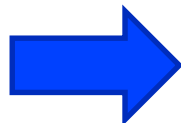
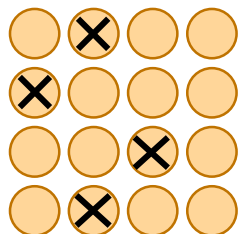
確定的影響



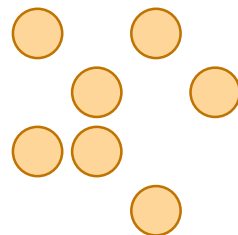
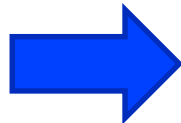
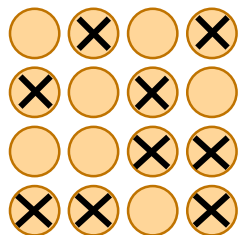
正常細胞
組織



組織機能維持



一時機能損失
一部機能損失



組織機能損失
形態維持不能

しきい値

分裂が盛ん 感受性が高い

造血系：骨髄、リンパ組織(脾臓、胸腺、リンパ節)

生殖器系：精巣、卵巣

消化器系：粘膜、小腸絨毛

表皮、眼：毛嚢、汗腺、皮膚、水晶体

その他：肺、腎臓、肝臓、甲状腺

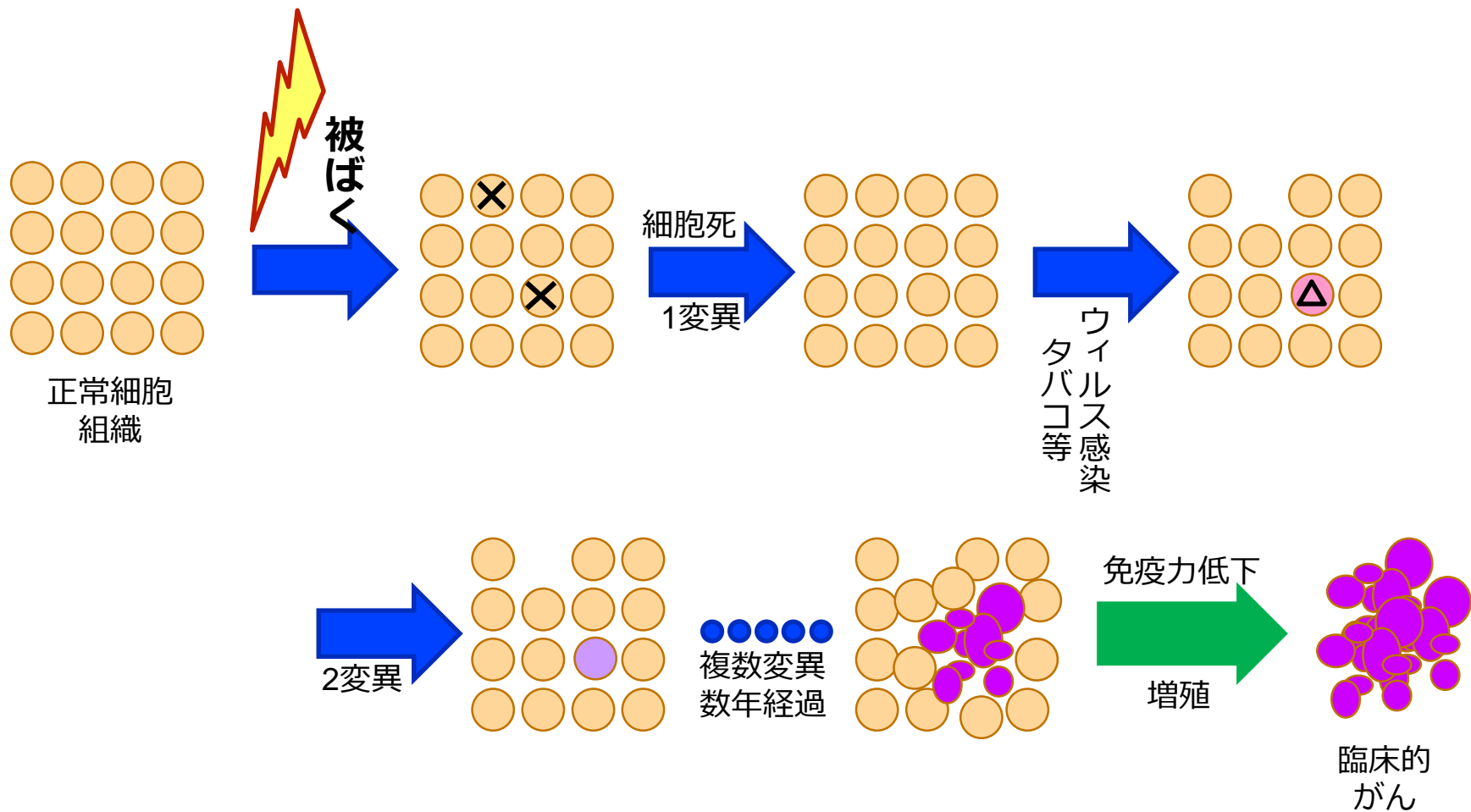
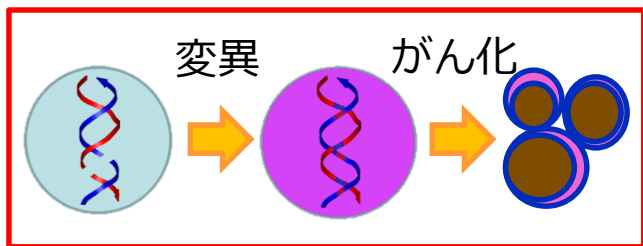
支持系：血管、筋肉、骨

伝達系：神経

分裂しない 感受性が低い

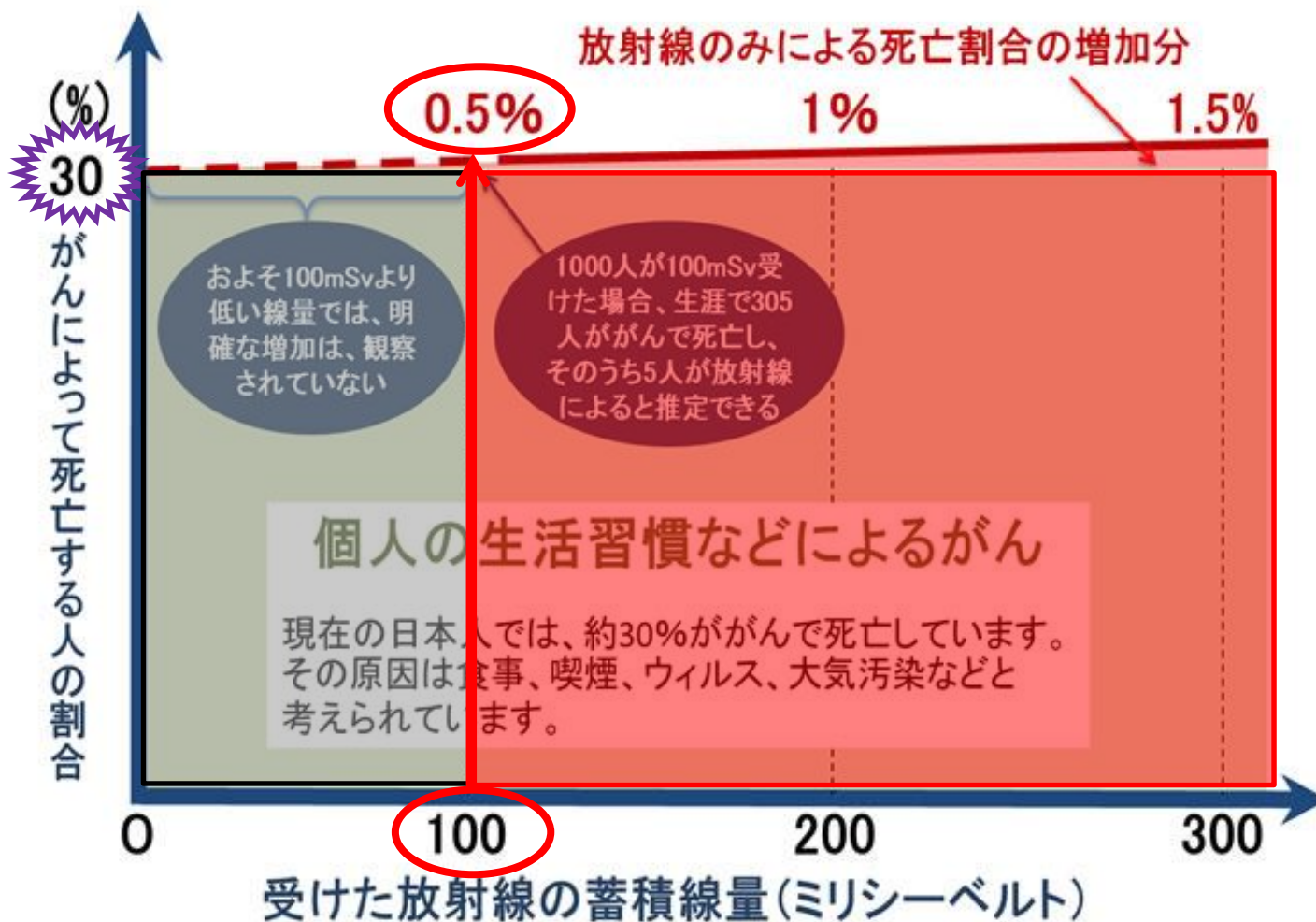
今回の汚染では起きえない事象

確率的影響



確率的影響におけるリスク

年間で100ミリシーベルトまでゆっくりと被ばくした場合のがん死亡



※放射線防護
における考え方

全身被ばくと局所被ばく



* 今回の震災における被ばく線量では出ない症状

本日の内容

- 福島の放射線事故って？
これを知るのが大事！
- 放射線の種類
- 確定的影響と確率的影響
- **低線量被ばくの健康影響**
- 放射線と他の癌リスクの比較

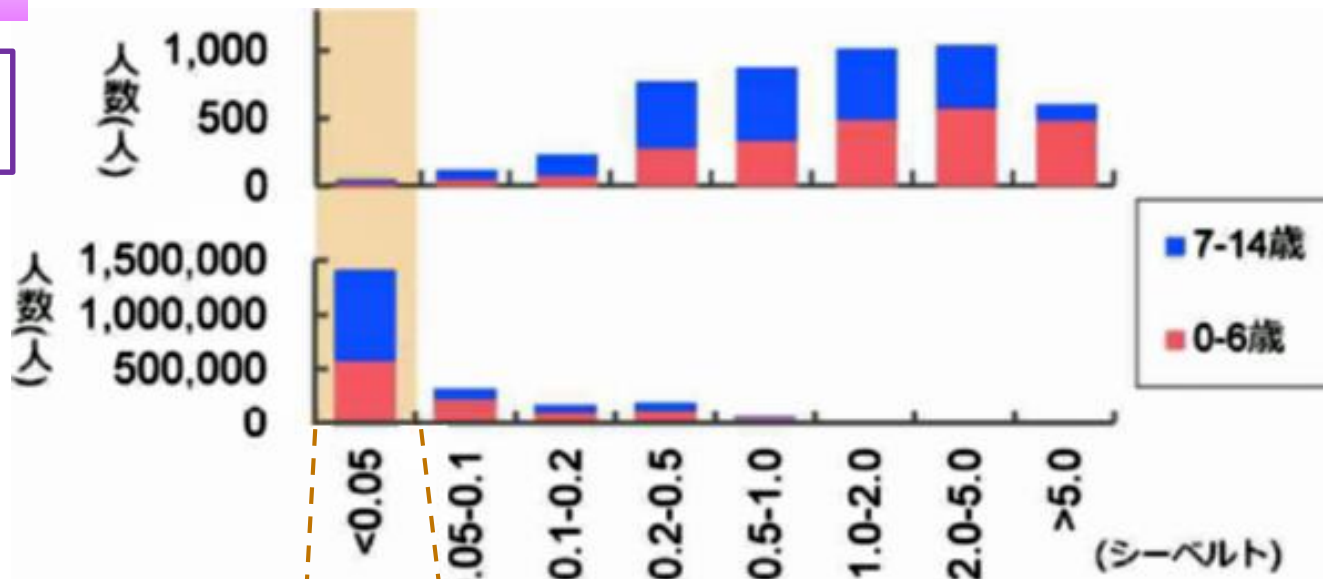
小児甲状腺線量の比較

小児の甲状腺被ばく線量

チェルノブイリ

ベラルーシで1986年
に避難した集団

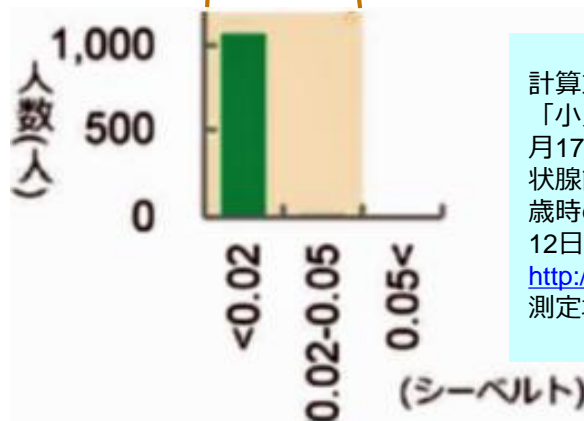
ベラルーシ全体
(避難者を除く)



国連科学委員会報告書2008年報告

福島

このデータは、限られた
住民に対して行われた調
査によるものであり全体
を反映するものではな
い。



計算方法

「小児甲状腺簡易測定調査結果の概要について」(平成23年8月17日 原子力被災者生活支援チーム医療班)にある「小児甲状腺簡易測定結果」を、「スクリーニングレベル0.2 μ Sv/h(1歳時の甲状腺等価線量として100mSvに相当)」(平成23年5月12日 原子力暗線委員会)を用いて比較のために改編(Gy=Sv) http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka_g31.html 計算方法や測定地の空間線量率から判断して検出限界は0.02Sv程度



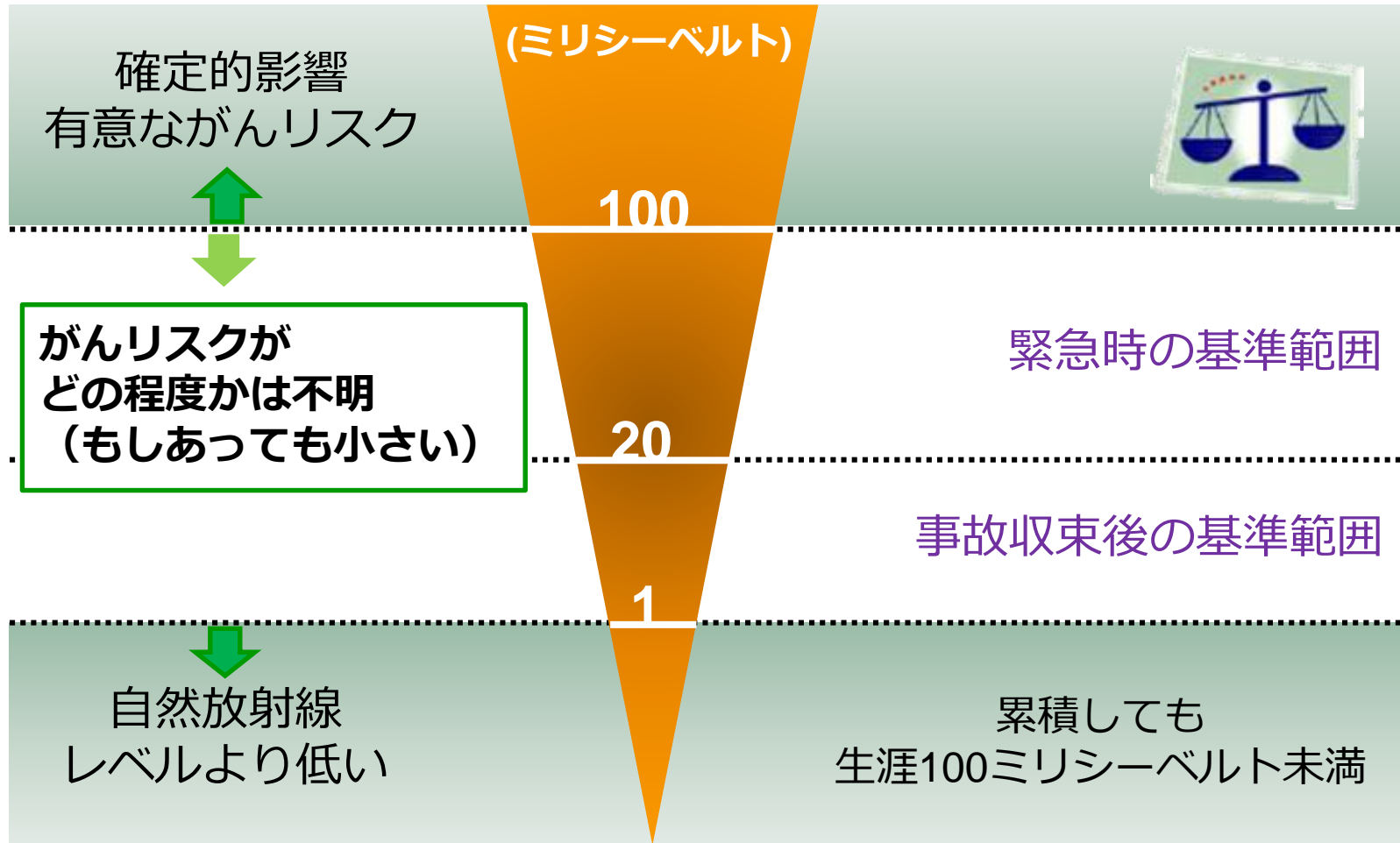
安定ヨウ素剤	1Gy での相対リスク (95%信頼区間)	
	土壌中ヨウ素 濃度が高い地域	土壌中ヨウ素 濃度が低い地域
投与無し	3.5 (1.8-7.0)	10.8 (5.6-20.8)
投与あり	1.1 (0.3-3.6)	3.3 (1.0-10.6)

※相対リスクとは、被ばくしていない人を1とした時、被ばくした人のがんリスクが何倍になるかを表す値です。

本日の内容

- 福島の放射線事故って？
これを知るのが大事！
- 放射線の種類
- 確定的影響と確率的影響
- **放射線の影響量と防護量**
- 放射線と他の癌リスクの比較

被ばく線量と健康リスクとの関係



本日の内容

- 福島の放射線事故って？
これを知るのが大事！
- 放射線の種類
- 確定的影響と確率的影響
- 放射線の影響量と防護量
- **放射線と他の癌リスクの比較**

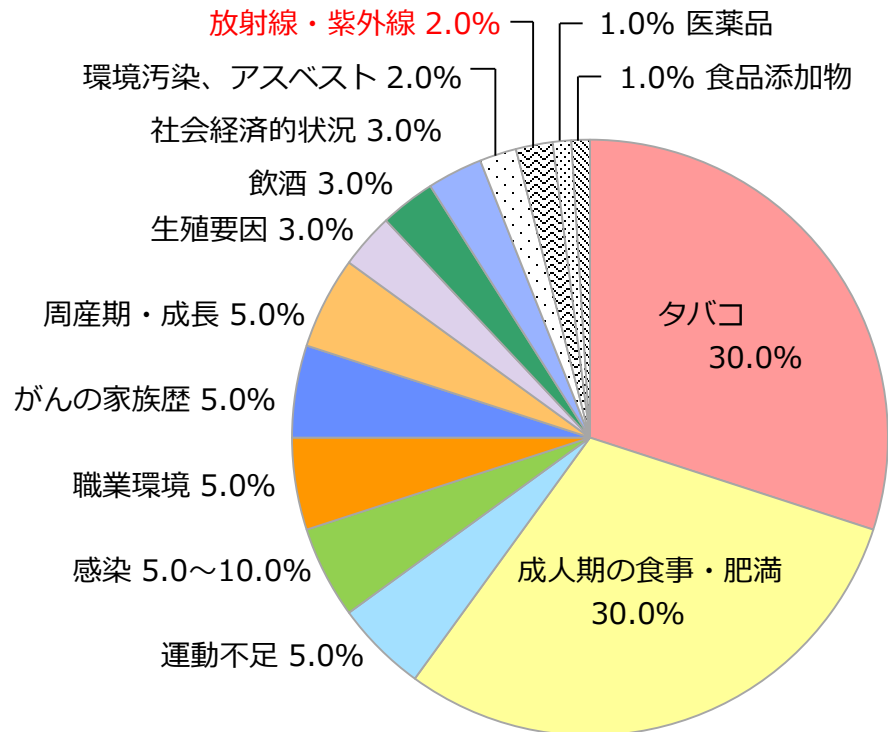
発がんに関連する因子

ヒトの死因

心疾患
脳疾患
感染症
など

がん

ヒトのがんの原因と関連のある因子



がんのリスク（放射線と生活習慣）

放射線の線量 (ミリシーベルト)	がんの 相対リスク※	生活習慣因子
1,000 ~ 2,000	1.8 1.6 1.6	喫煙者 大量飲酒（毎日3合以上）
500 ~ 1,000	1.4 1.4	大量飲酒（毎日2合以上）
200 ~ 500	1.22 1.29 1.19 1.15 ~ 1.19 1.11 ~ 1.15	肥満（BMI \geq 30） やせ（BMI<19） 運動不足 高塩分食品
100 ~ 200	1.08 1.06 1.02 ~ 1.03	野菜不足 受動喫煙（非喫煙女性）
100 以下	検出不可能	

出典：国立がん研究センターホームページ

※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ありません。

※相対リスクとは、被ばくしていない人を1とした時、被ばくした人のがんリスクが何倍になるかを表す値です。

最後に

- 怖いと思うことは大切で必要
- 科学的なデータのみでは、不安を解消させることはできない
- しかし、知らないで混乱
- リスクには傾聴と受け入れも必要
- 情報化社会では、判断ができないで混乱
- これからの生活で取り返せるリスク
- 福島では、外部被ばく量よりも内部被ばく量はずっと低い