

# 食品中の放射性物質と 健康への影響

2019/2/20

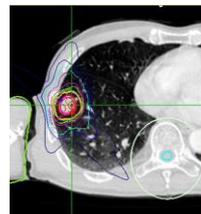
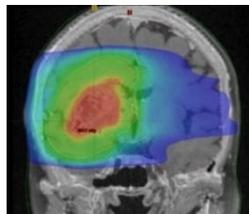
宮城県 食の安心安全セミナー

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



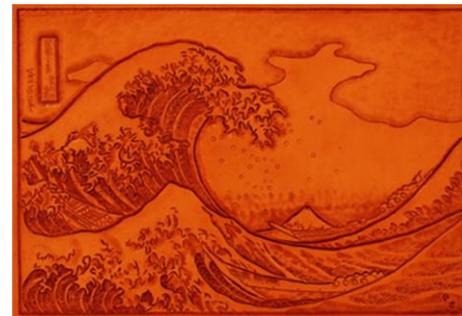
# 自己紹介

- 専門はがんに対する放射線治療です



切らないがん治療  
免疫療法との併用

- $\mu$ (マイクロ)や $m$ (ミリ)の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、少し緩いと思います
- 2人の子供がいます
- 福島県産を好んで食べています
- 趣味は革細工です



# まずはじめに質問です

- 1リットルに放射性物質が最も含まれるのはどれでしょう？



1) 市販のスポーツ飲料

2) 仙台市水道水



3) 震災後1ヶ月目の福島市水道水

# 答え 1です

- 1) **6.06Bq** : 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の放射能を有するので : 6.06Bq
- 2) 最大**0.5Bq** : 米沢市の水道水  
1Lに数mgのKが溶けていますので : 0.1Bq  
セシウムの検出限界0.4Bq/L : 最大0.4Bq
- 3) 最大**1.1Bq** : 震災後1ヶ月目の福島市水道水  
1Lに数mgのKが溶けていますので : 0.1Bq  
セシウムの検出限界 1 Bq/L : 最大1Bq

**! 決してスポーツ飲料が危険なわけではありません**

# カリウムは自然でセシウムは人工？

性状	カリウム40	セシウム137
元素周期表分類	アルカリ金属	アルカリ金属
β線エネルギー	1.31MeV	1.17MeV
γ線エネルギー	1460KeV	661KeV
物理的半減期	13億年	30年
生物学的半減期	30日	100日
体内での分布	細胞内>細胞外	細胞内=細胞外
自然での体内量	4000Bq	0Bq

**！ DNAは見分けることができません**

# 本日の内容

- 放射線の基礎知識
- 内部被ばくと外部被ばく
- 放射線による健康影響

# 本日の内容

## ✓ 放射線の基礎知識

- 内部被ばくと外部被ばく
- 放射線による健康影響

# 放射性物質って何？

放射線を出すことによって、安定化する物質



イライラしたときに、物に当たるとすっきりする



怒った人

怒りをぶつける

普通の人



放射性セシウム137



放射性崩壊

B線



安定バリウム137

**！崩壊後は、安定化して無害になります**

# ベクレル (Bq) ってなんだろう

放射性物質が1秒間に崩壊する原子の個数



測定器



1秒間に  
3本の放射線

3Bq/kg



測定器



1秒間に  
10本の放射線

10Bq/kg

！ 1秒間に出てくる放射線の数で含まれている  
放射性物質の量がわかる便利な数字

# ベクレル (Bq) ってなんだろう

## 日本語で“放射能”

含まれている放射性物質の量を知るための数字なのに  
放射線の悪い人体影響の象徴になっています

世界で唯一の原爆被災国（広島・長崎）であり、過去の悲惨な  
経験から正しい知識が得られているはずなのですが・・・

実は、よく知られていません。

放射性物質は飛んできますが、放射能はただの数字ですので、  
移動しません。危険性をあおるような雑誌もたくさん出版されて  
きました。

混乱していましたので、しょうが無いとは思いますが、残念な  
ことです。

**！ 危険をあおっても誰も得しません**

# シーベルト (Sv) ってなんだろう？

- 放射線にはいろいろな種類があって、生体影響や体内の透過性も異なります！

	アルファ線	ベータ線	ガンマ線	中性子線
本質	He原子核	電子	電磁波	中性子
質量	約4	0.0005	0	約1
電離作用	大	中	小	小
透過性	小	中	大	大
生体影響	20	1	1	5-20

臓器によっても、影響が異なるので、すべてを加味して、最終的に人体への影響の指標として計算で出すのが、シーベルトになります。

**！ 様々な放射線の影響を、同じ数字で比較することができます**

# 物理学的半減期が長いと人体影響が大きい？

「セシウム137は半減期が30年もあるので、危ないよね！」

半減期ってどういう言葉？

はじめの量が2分の1になるのに要する時間  
放射線の出るスピードが速いと人体影響が大きい

半減期	短い (例：131ヨウ素：約8日)	長い (例：137セシウム：約30年)
良いこと	早く減るから 処理しやすい	放射線の出る スピードが遅い
悪いこと	放射線の出る スピードが早い	減りにくいから 処理しにくい
その他	震災の混乱期に 測定できなかった	大気中核実験の時の セシウムも残っている

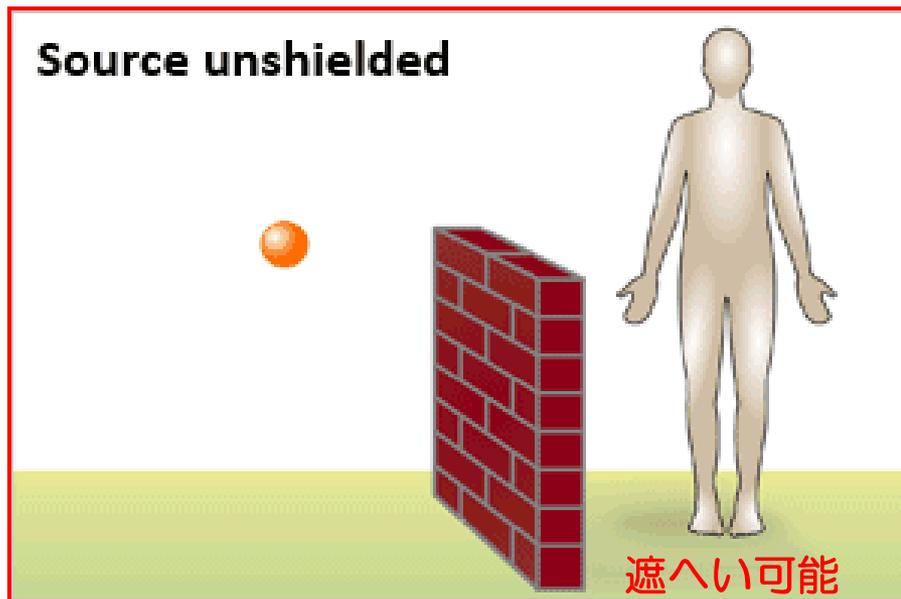
**！ 半減期が短い方が放射線の出る速度は速いんだね**

# 本日の内容

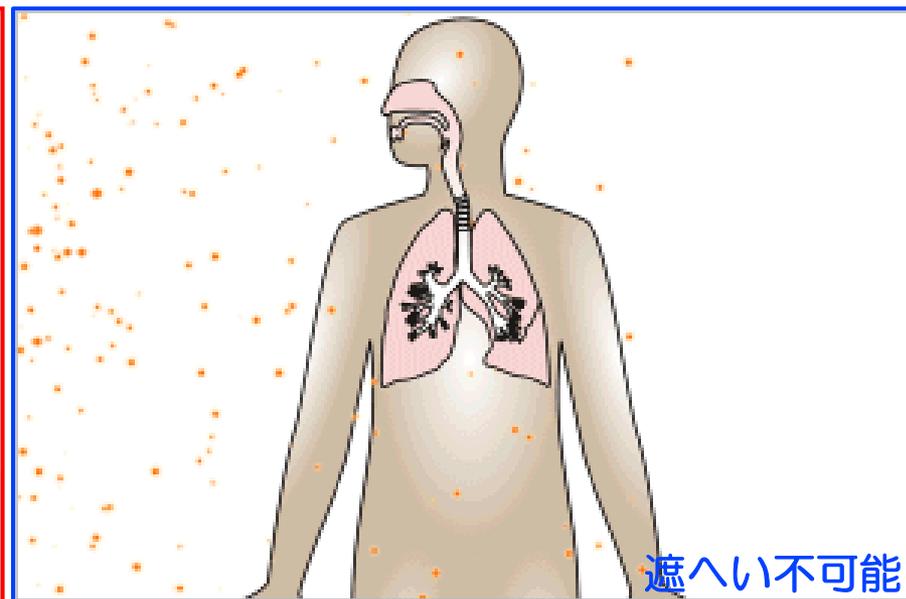
- 放射線の基礎知識
- ✓ 内部被ばくと外部被ばく
- 放射線による健康影響

# 内部被ばくと外部被ばく

## 外部被ばくのイメージ図



## 内部被ばくのイメージ図



身体の外部線源から  
放射線を受ける  
空中・体内飛程が大きい放射線

→主に**ガンマ線**・中性子線

体の中に放射性物質が入り込み、  
内部から放射線を受ける  
空中・体内飛程が小さい放射線

→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>

# 外部被ばくの測定方法（計算と実測）

1 $\mu$ Sv/h

1時間遊んだ！



0.5 $\mu$ Sv/h

家で10時間過ごした！



空間線量から計算

$$1\mu\text{Sv/h} \times 1\text{時間} \\ + 0.5\mu\text{Sv/h} \times 10\text{時間}$$

6 $\mu$ Sv

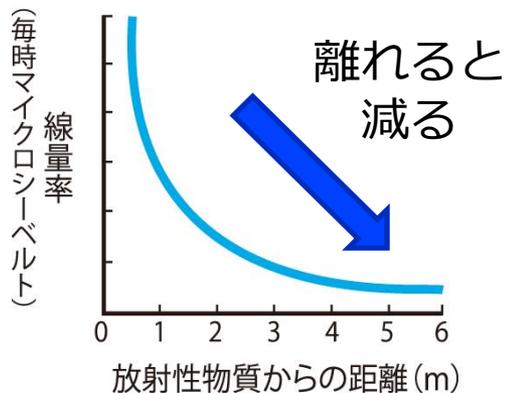
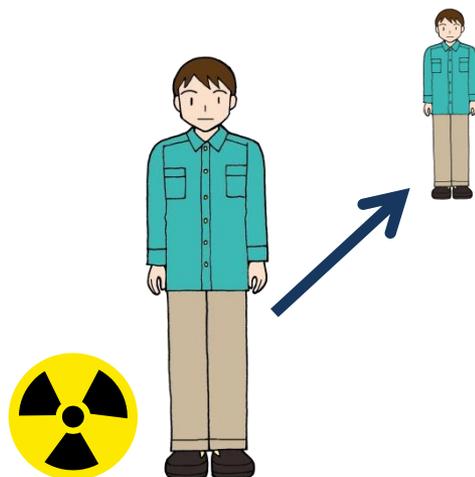


個人のガラスバッジで実測  
自然被ばく線量を引いている

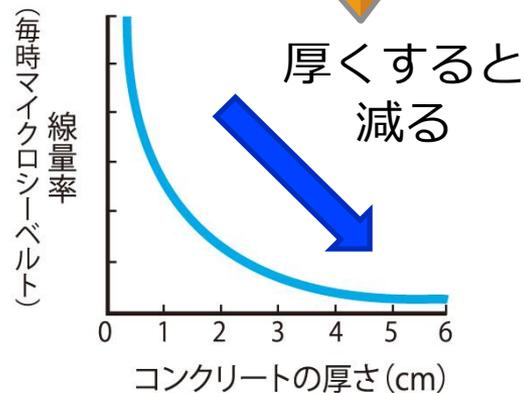
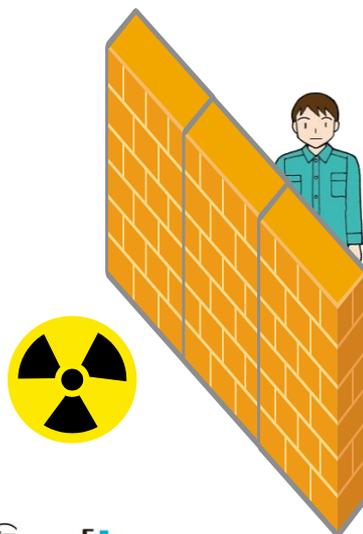
3 $\mu$ Sv/測定期間

# 外部被ばくの低減三原則

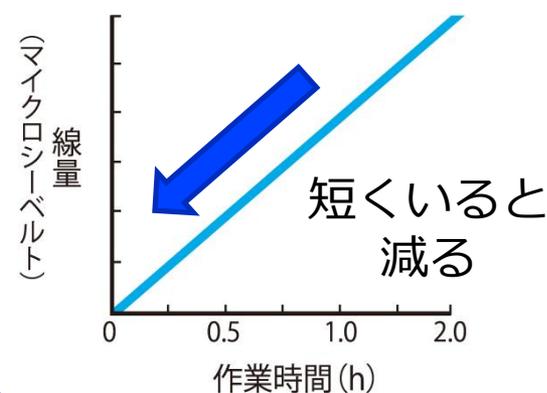
## ① 離れる (距離)



## ② 間に重い物を置く (遮へい)



## ③ 近くにいる時間を短く (時間)



# 線源と距離(病院の機械は点線源です)

**距離**：線量率は距離の2乗に反比例

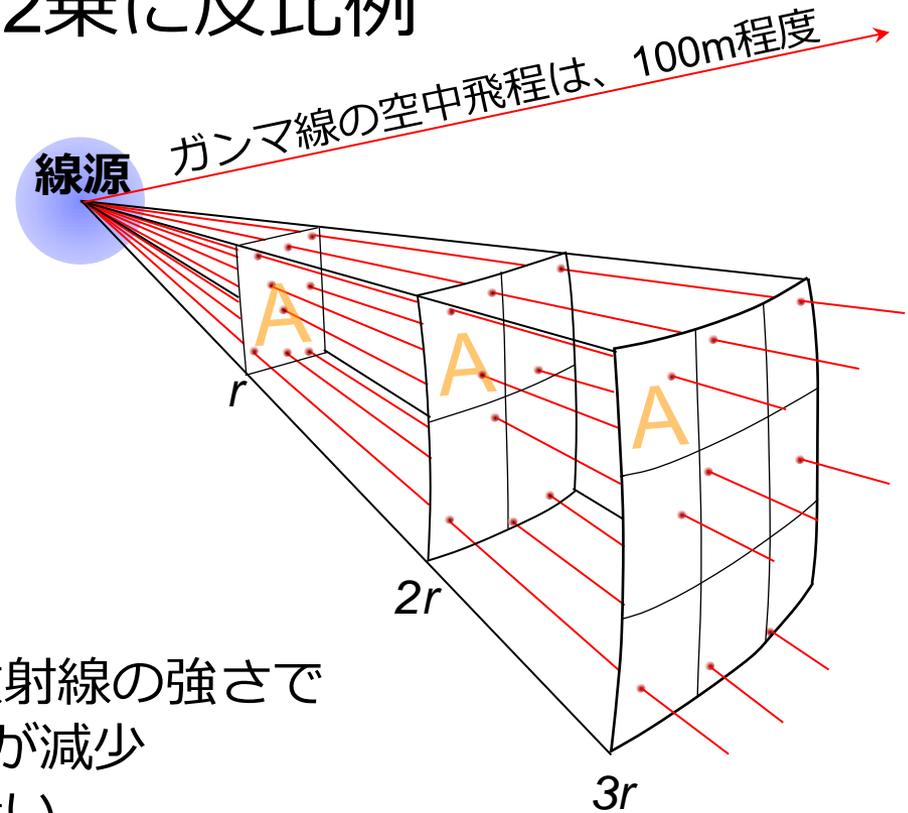
$$I = \frac{k}{r^2}$$

$I$ ：放射線の強さ (線量率)

$r$ ：距離

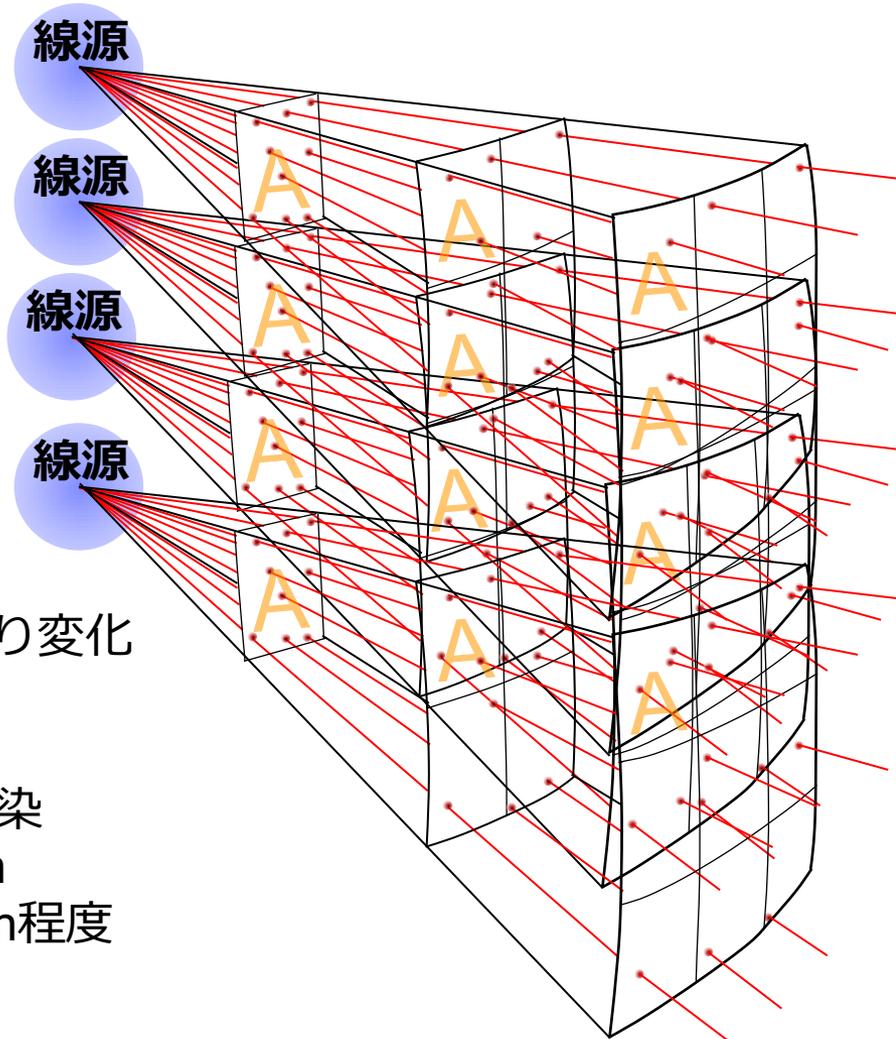
$k$ ：定数

距離の2乗で減っているのは、放射線の強さではなく、Aの範囲を通過する本数が減少  
近づいて無限大に増えることは無い  
医療現場などでは、大切な原理  
広域汚染時には、応用できない



# 線源と距離(汚染が生じた地面は**面線源**)

**距離** : 線量率は距離の2乗に反比例しない



地面からの距離で、線量率があまり変化しない理由  
例)

	2乗で減少	広域汚染
地上50cm	2 $\mu$ Sv/h	2 $\mu$ Sv/h
地上100cm	0.5 $\mu$ Sv/h	1.7 $\mu$ Sv/h程度

# せかい ひかく 世界との比較

単位：μSv/h

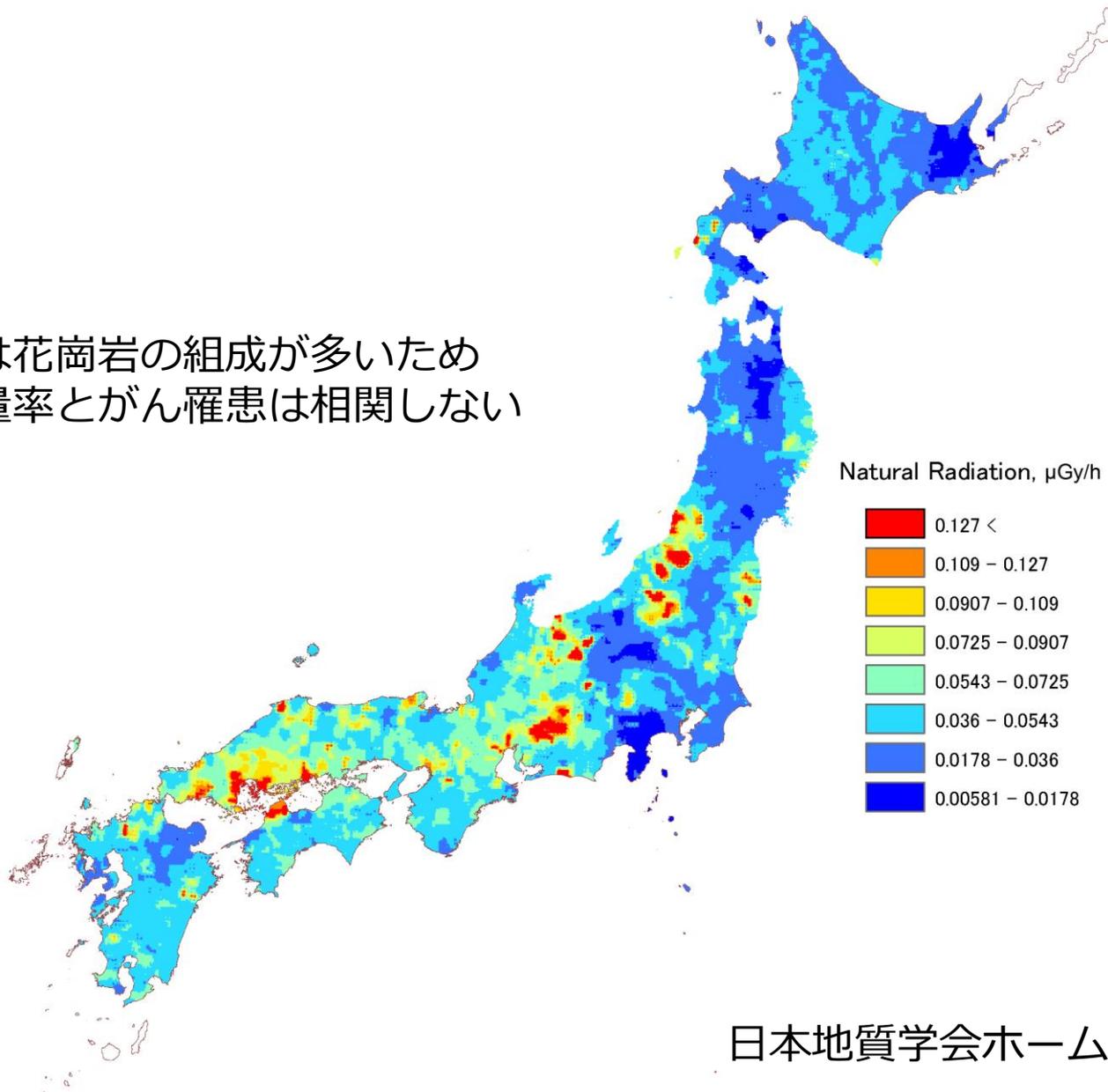


μSv/h : マイクロシーベルト/時

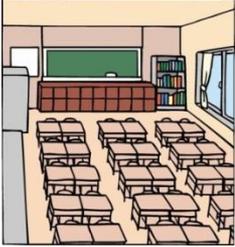
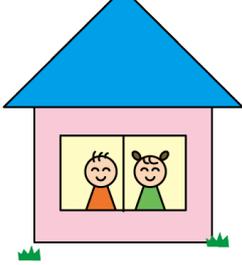
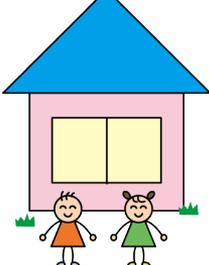
【出典】 ふくしま復興のあゆみ第2 1版

# 日本国内の空間線量分布

※西日本は花崗岩の組成が多いため  
※空間線量率とがん罹患は相関しない



# 外部被ばく低減のコツ

校内	除染済校庭	木造家屋内	屋外	側溝の上	雨樋の上
					
0.05 $\mu$ Sv/h	0.1 $\mu$ Sv/h	0.3 $\mu$ Sv/h	0.5 $\mu$ Sv/h	5.0 $\mu$ Sv/h	10 $\mu$ Sv/h
×	×	×	×	×	×
授業6時間	体育2時間	自宅13時間	登下校など3時間	1分	0分
0.3 $\mu$ Sv	0.2 $\mu$ Sv	3.9 $\mu$ Sv	1.5 $\mu$ Sv	0.083 $\mu$ Sv	0 $\mu$ Sv

滞在時間

線量

線量率 × 滞在時間 = 外部被ばく線量

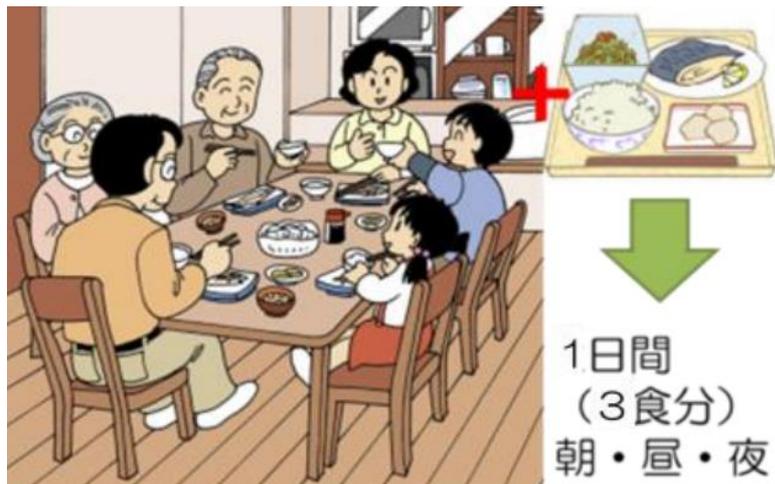
自宅にいるときに一番被ばくしています！

合計

5.983 $\mu$ シーベルト/日

5.983 × 365日 = 2183 $\mu$ シーベルト/年ですが、バッジ実測では約1000 $\mu$ シーベルト

# 内部被ばくの測定方法



食べ物のBqを測定



Bqを計算式からSvに変換  
(大人50年分 子供70歳になるまでの分)

# 1Bq食べたらどのぐらい被ばくするの？

## 預託実効線量係数 ( $\mu\text{Sv}/\text{Bq}$ ) (経口摂取の場合)

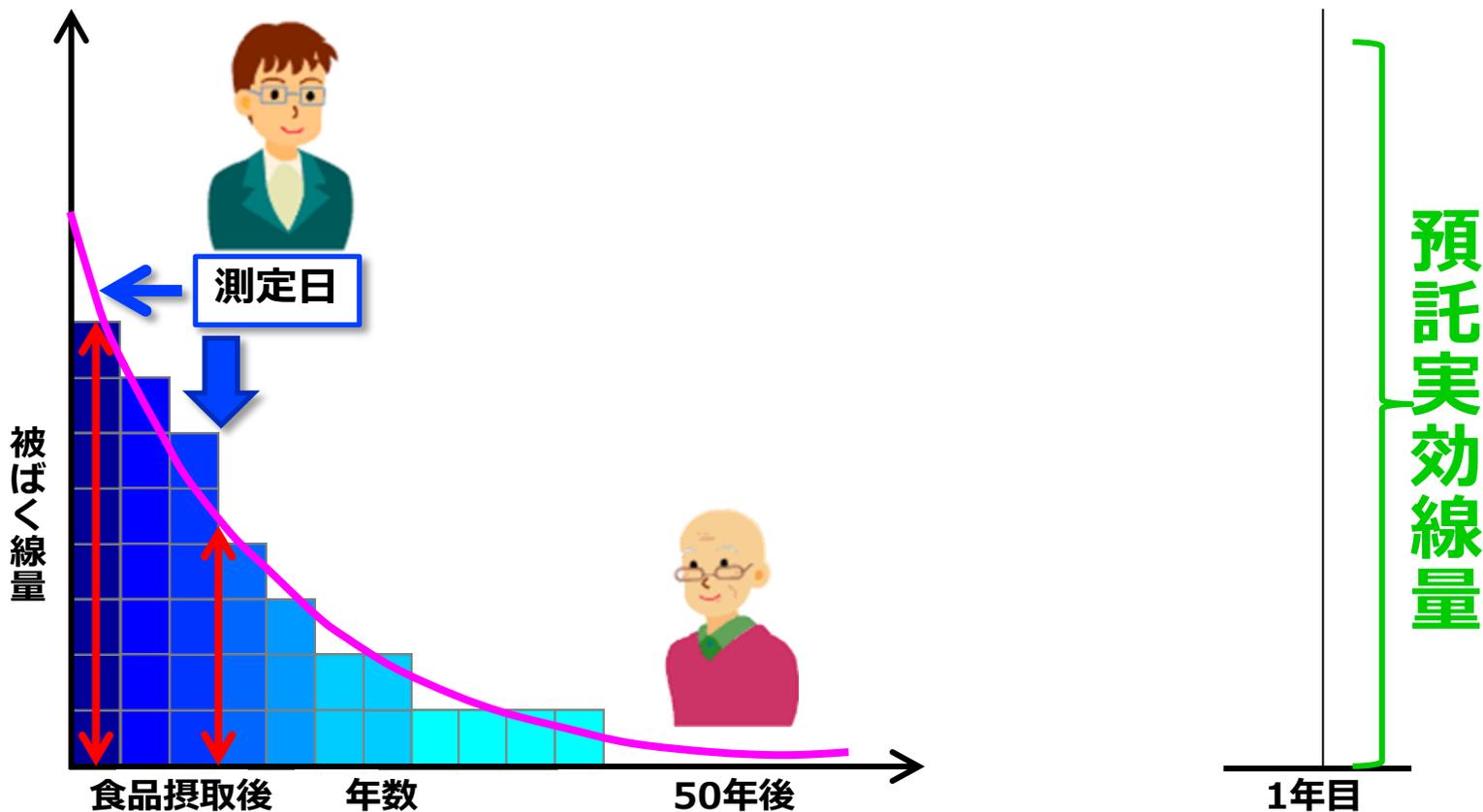
	ヨウ素 131	セシウム 134	セシウム 137	ストロンチウム 90	プルトニウム 239
3か月児	0.18	0.026	0.021	0.23	4.2
1歳児	0.18	0.016	0.012	0.073	0.42
5歳児	0.10	0.013	0.0096	0.047	0.33
10歳児	0.052	0.014	0.01	0.06	0.27
15歳児	0.034	0.019	0.013	0.08	0.24
成人	0.022	0.019	0.013	0.028	0.25

$\mu\text{Sv}/\text{Bq}$  : マイクロシーベルト/ベクレル

出典：国際放射線防護委員会 (ICRP) , ICRP Publication 119 , Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, 2012

# 預託実効線量とは（実測法）

放射性物質摂取後50年間(小児では70歳まで)に  
受ける量を摂取時に受けたと想定した放射線量のこと



# 食品からの被ばく線量（計算例）

（例）中学生がセシウム137を300Bq/kg含む食品を0.5kg摂取

$$300 \text{ (Bq/kg)} \times 0.5 \text{ (kg)} = 150 \text{ Bq}$$

$$150 \times 0.013 \text{ (}\mu\text{Sv/Bq)} = 0.00195 \text{ mSv} = 1.95 \mu\text{Sv}$$



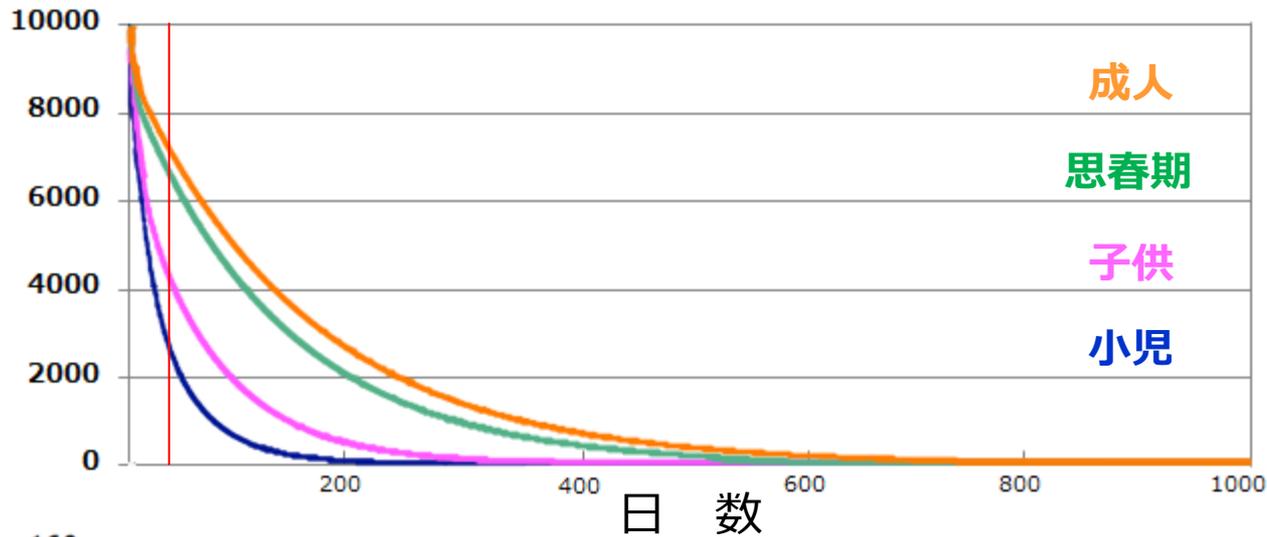
## 実効線量係数（μSv/Bq）

	ヨウ素131	セシウム137
3か月児	0.18	0.021
1歳児	0.18	0.012
5歳児	0.10	0.0096
成人	0.022	0.013

Bq : ベクレル    μSv : マイクロシーベルト    mSv : ミリシーベルト

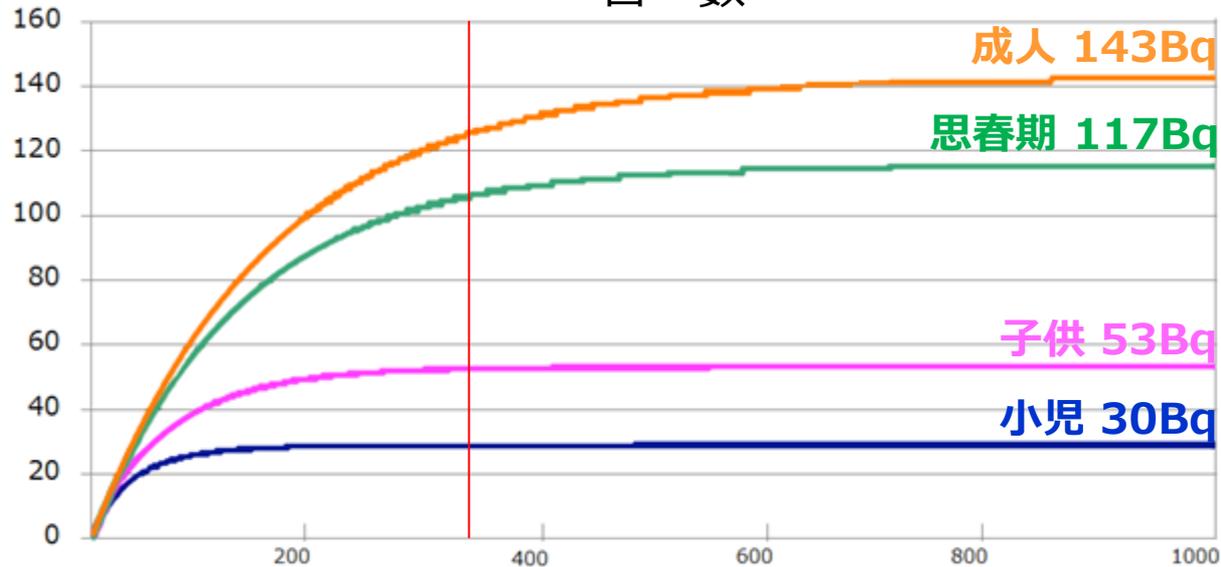
出典 : 国際放射線防護委員会 (ICRP)  
Database of Dose Coefficients CD-ROM, 1998

# 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

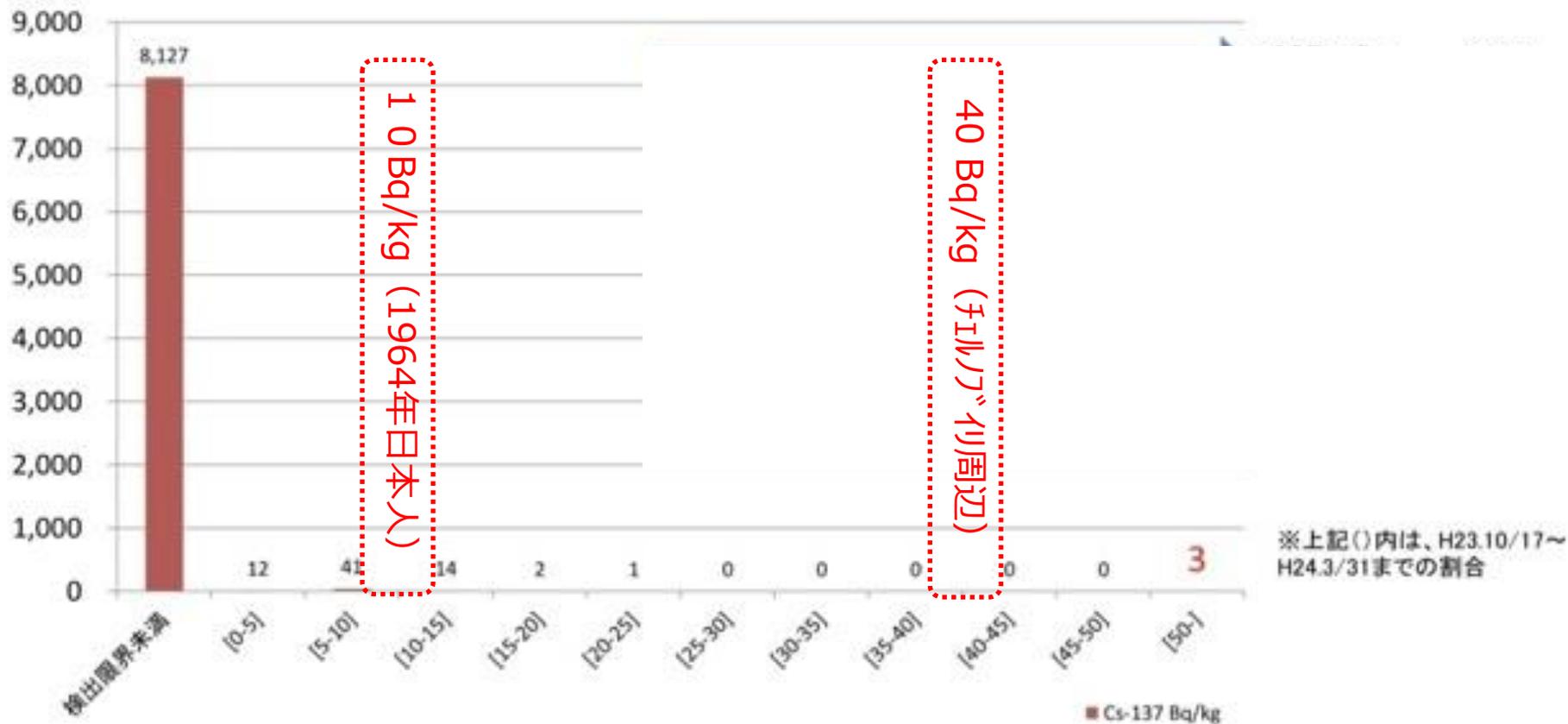
若年のほうが  
排泄がはやい



毎日 1Bq を  
取り込んだ場合

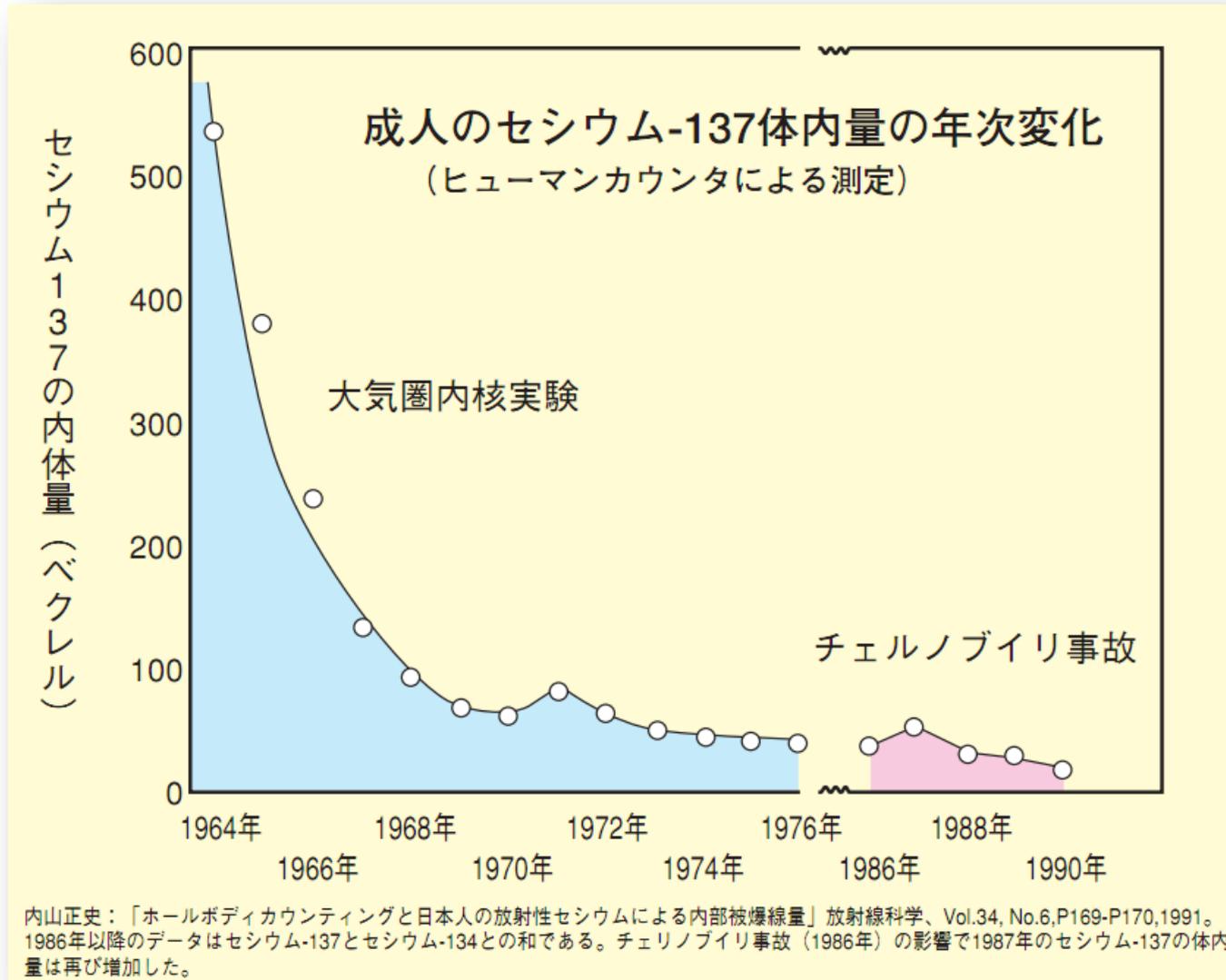
若年のほうが  
滞留量が少ない

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%

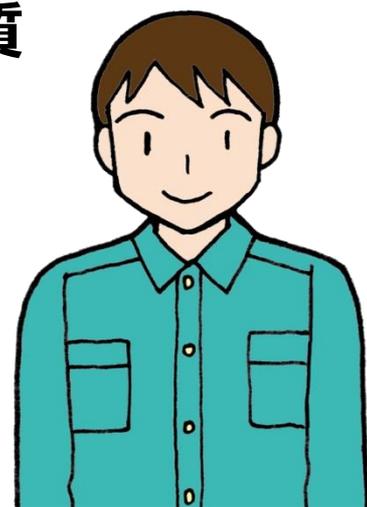
# 過去の人体内放射能量





# 体内、食品中の自然放射性物質

## 体内の放射性物質



体重60kgの場合		
カリウム40	※1	4,000Bq
炭素14	※2	2,500Bq
ルビジウム87	※1	500Bq
鉛・ポロニウム	※3	20Bq

※1 地球起源の核種  
※2 宇宙線起源のN-14由来の核種  
※3 地球起源ウラン系列の核種

## 食品中の放射性物質（カリウム40）の濃度



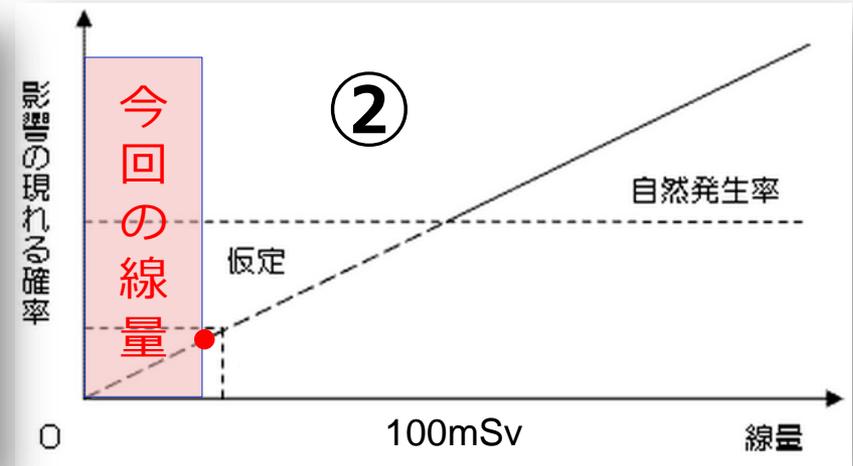
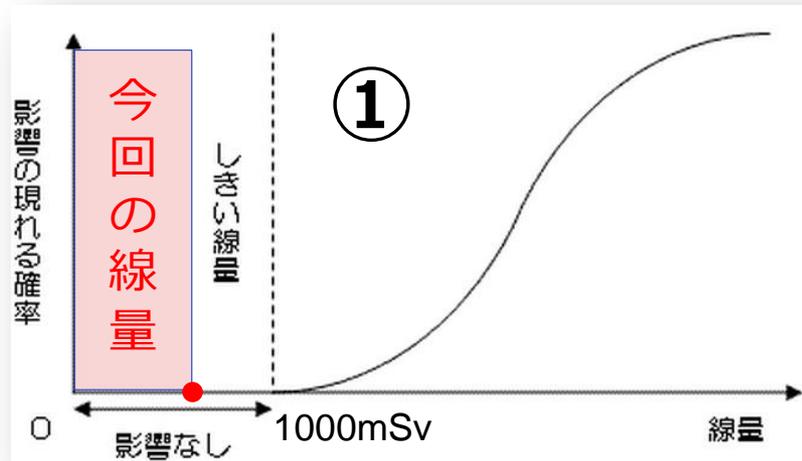
米	30	牛乳	50	牛肉	100	魚	100	ドライミルク	200	ほうれん草	200
ポテトチップス	400	お茶	600	干しいたけ	700	干し昆布	2,000	(Bq/kg)			

Bq : ベクレル Bq/kg : ベクレル/キログラム

# 本日の内容

- 福島原子力災害について
- 内部被ばくと外部被ばく
- ✓ **放射線による健康影響**

# 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)

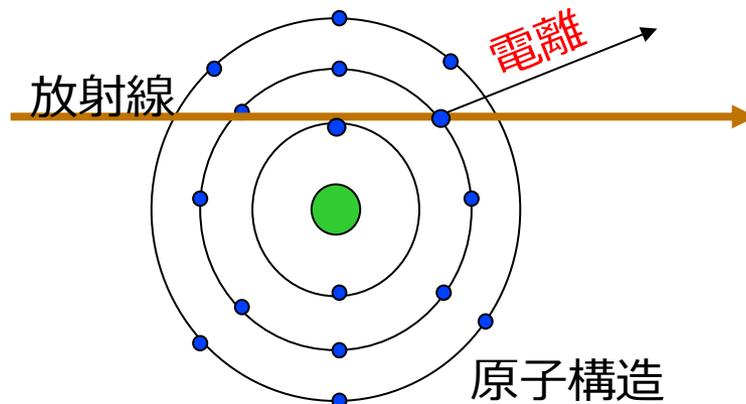
少ない線量から影響が発生し、増加に伴い確率が増えるもの  
100mSv以下での増加は確認できていない  
放射線防護の観点では「しきい値なし線形 (LNT) 仮説」を採用

# 放射線の電離作用

電離作用が強い



飛程が短い



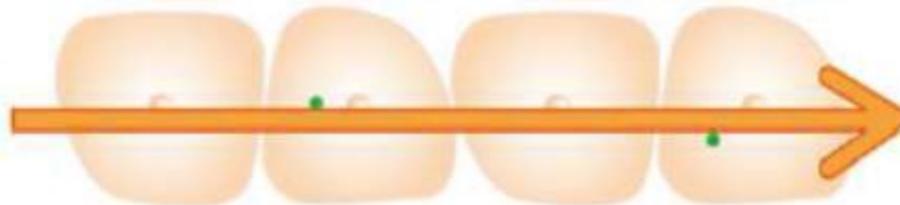
$\alpha$ 線



細胞

高い密度の電離

$\gamma$ 線、 $\beta$ 線



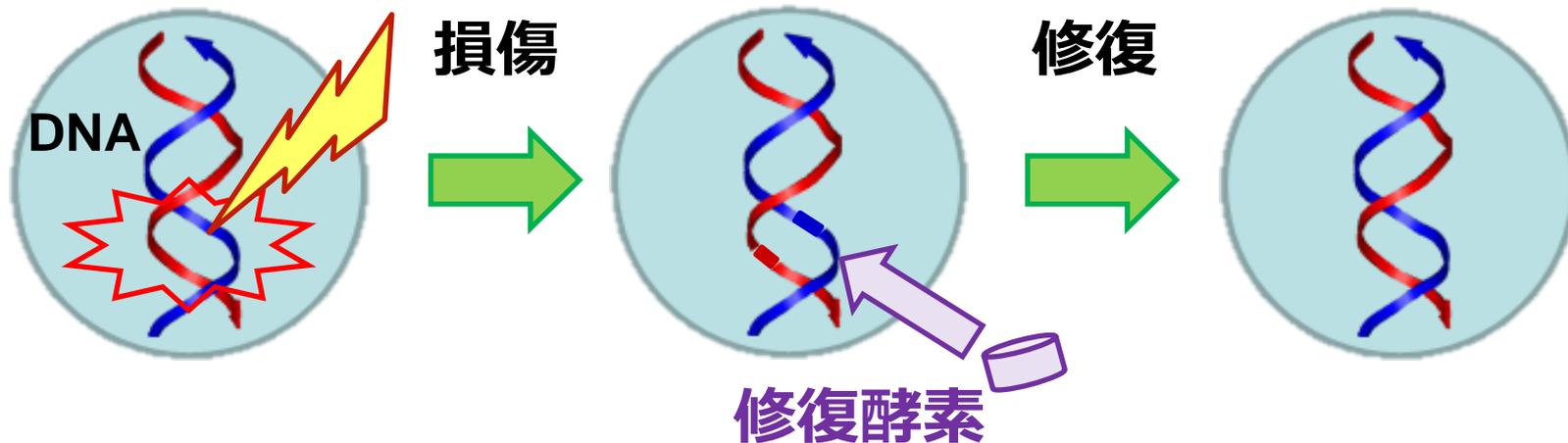
低い密度の電離

# DNAの損傷と修復

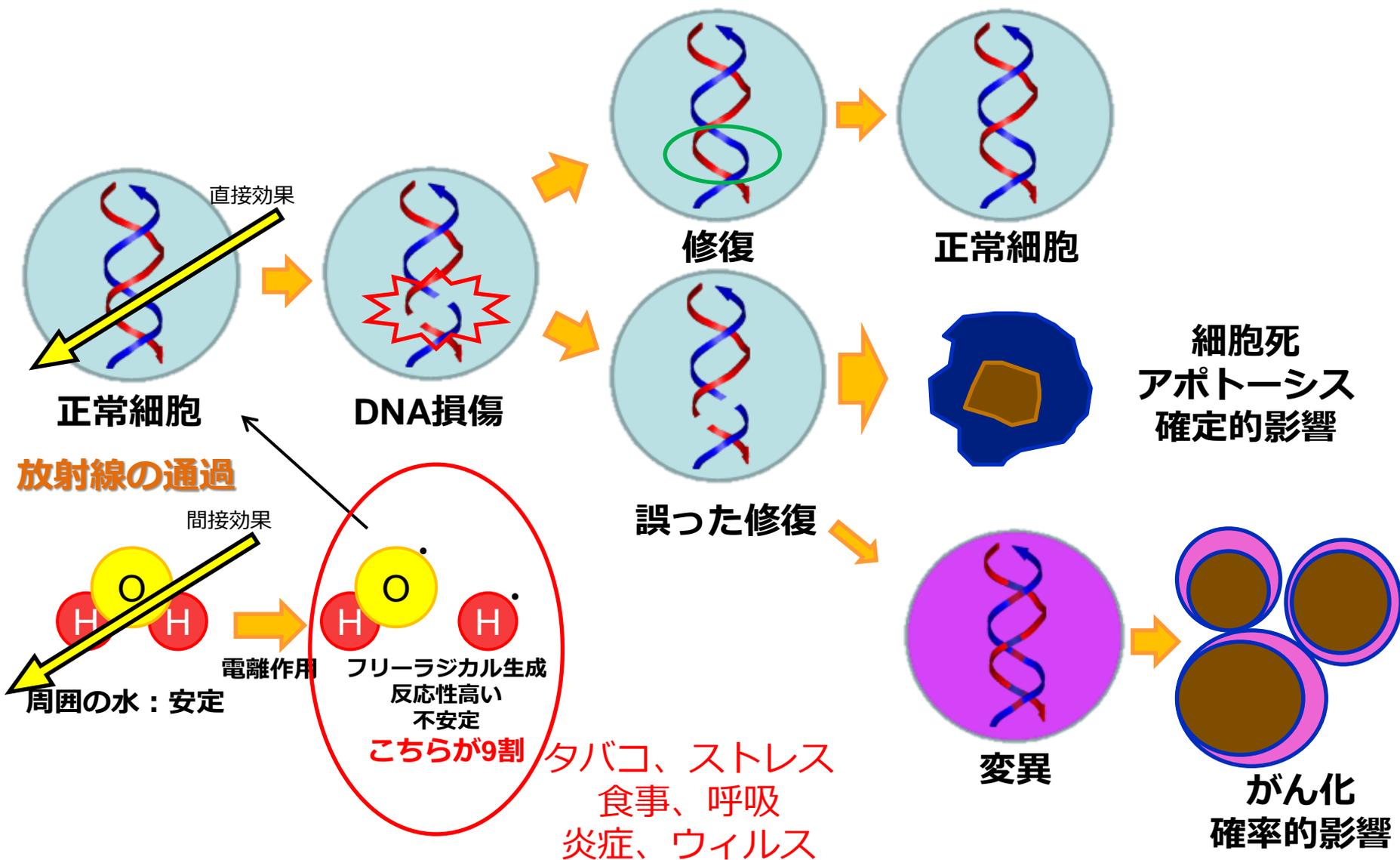
X線1mGy当たりの損傷/細胞	
塩基損傷	2.5カ所
一本鎖	1カ所
二本鎖	0.04カ所

<

タバコ・活性酸素  
ウィルス等  
↓  
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

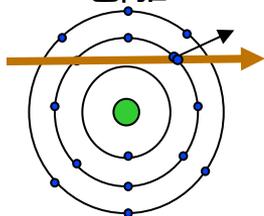
1年

10年

100年

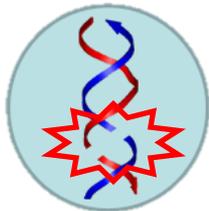
## 物理的变化

電離



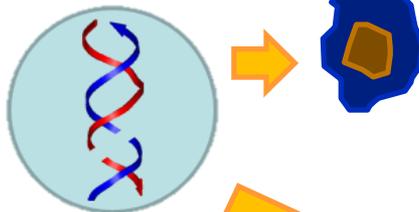
## 生化学的变化

損傷修復



## 生物学的变化

細胞死



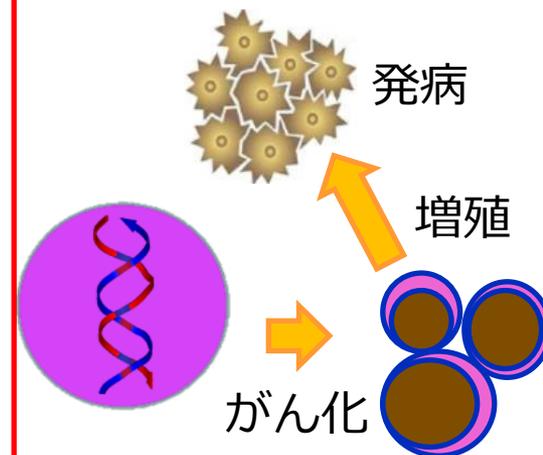
変異

## 生物学的变化

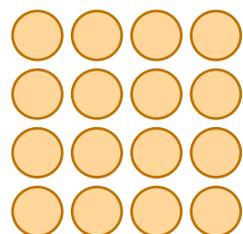
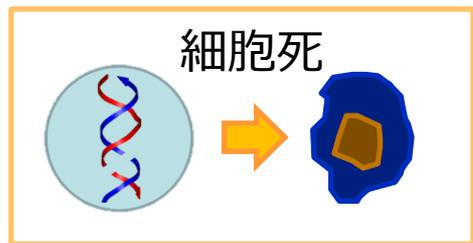
発病

増殖

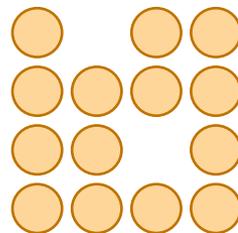
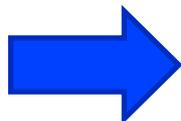
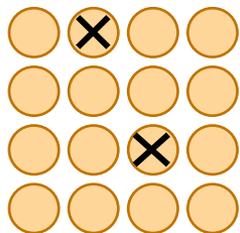
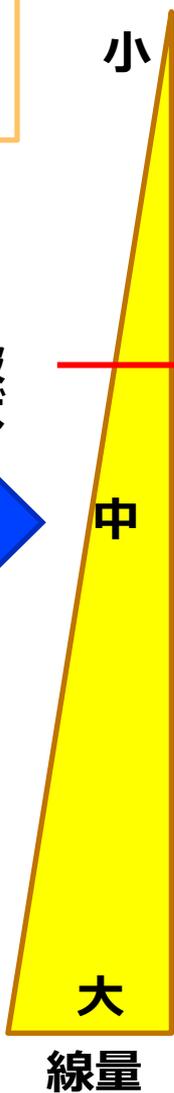
がん化



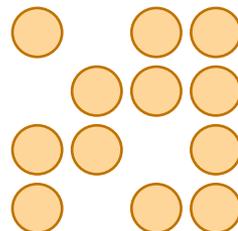
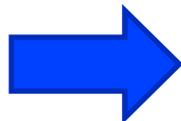
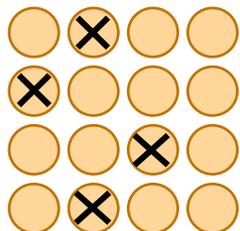
# 確定的影響



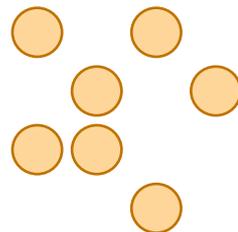
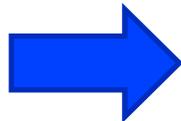
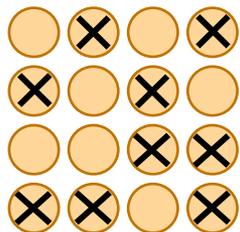
正常細胞  
組織



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

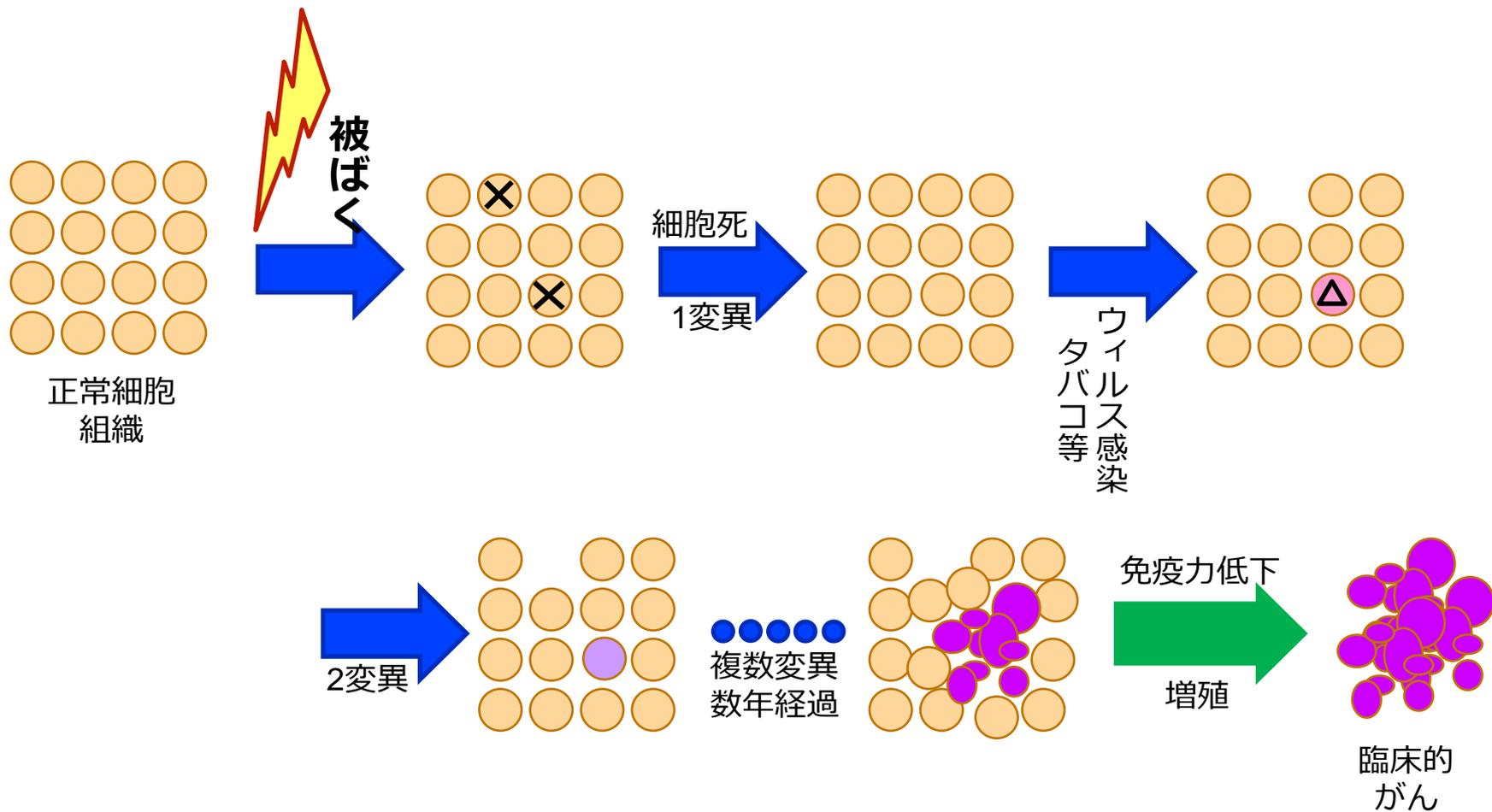
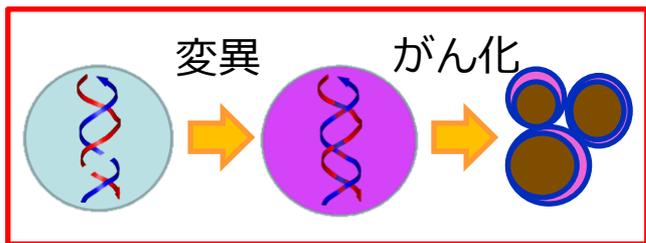
**支持系**：血管、筋肉、骨

**伝達系**：神経

分裂しない 感受性が低い

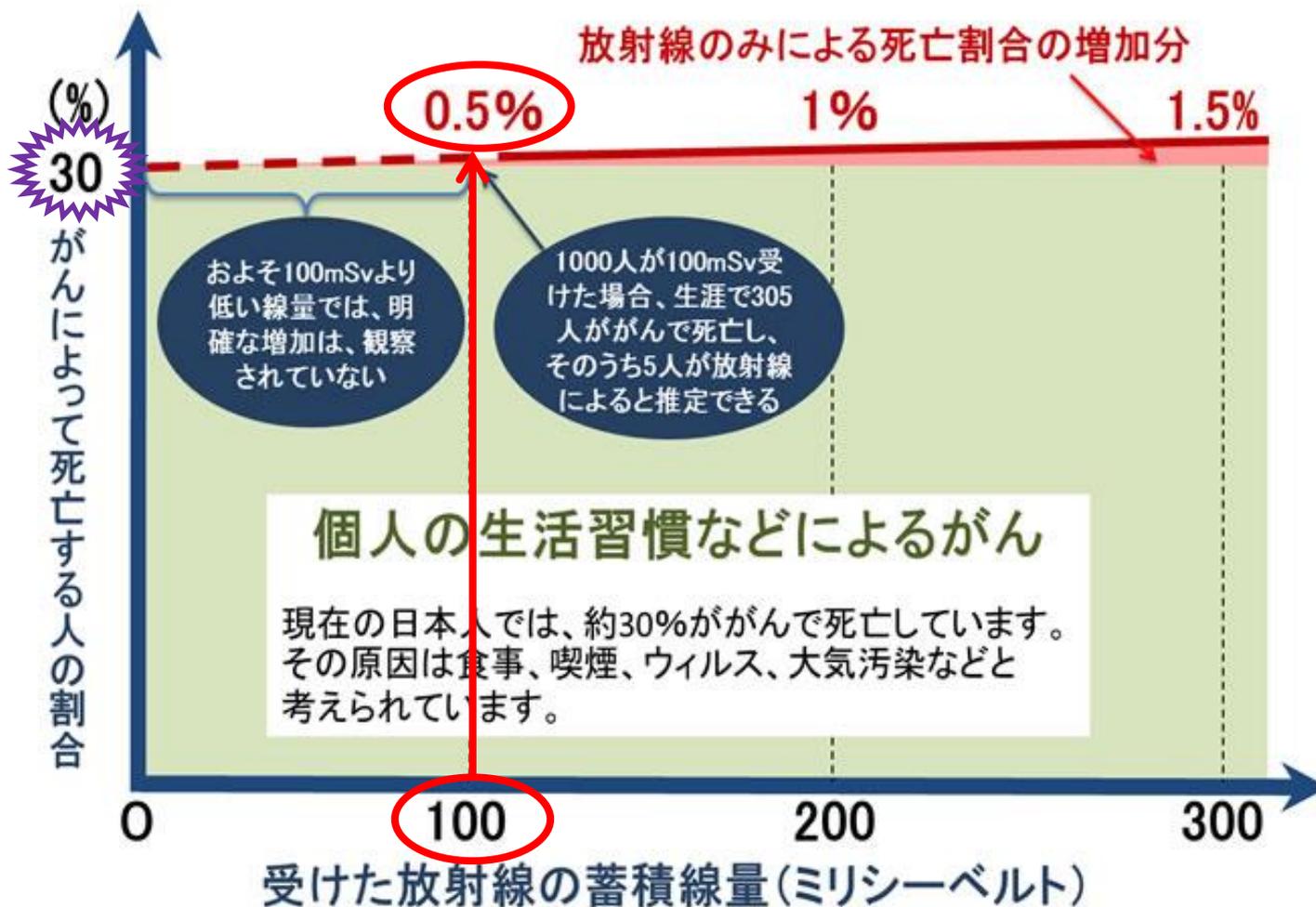
**今回の汚染では起きえない事象**

# 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

# 被ばく線量と健康リスクとの関係

(ミリシーベルト/年)

- 確定的影響
- 有意ながんリスク



100



がんリスクが  
どの程度かは不明  
(もしあっても小さい)

緊急時の参考レベルの範囲

20

回復・復旧時の参考レベルの範囲

1

- 自然放射線  
レベルより低い

- 累積しても  
生涯100ミリシーベルト未満

出典：国際放射線防護委員会（ICRP）の2007年勧告より作成

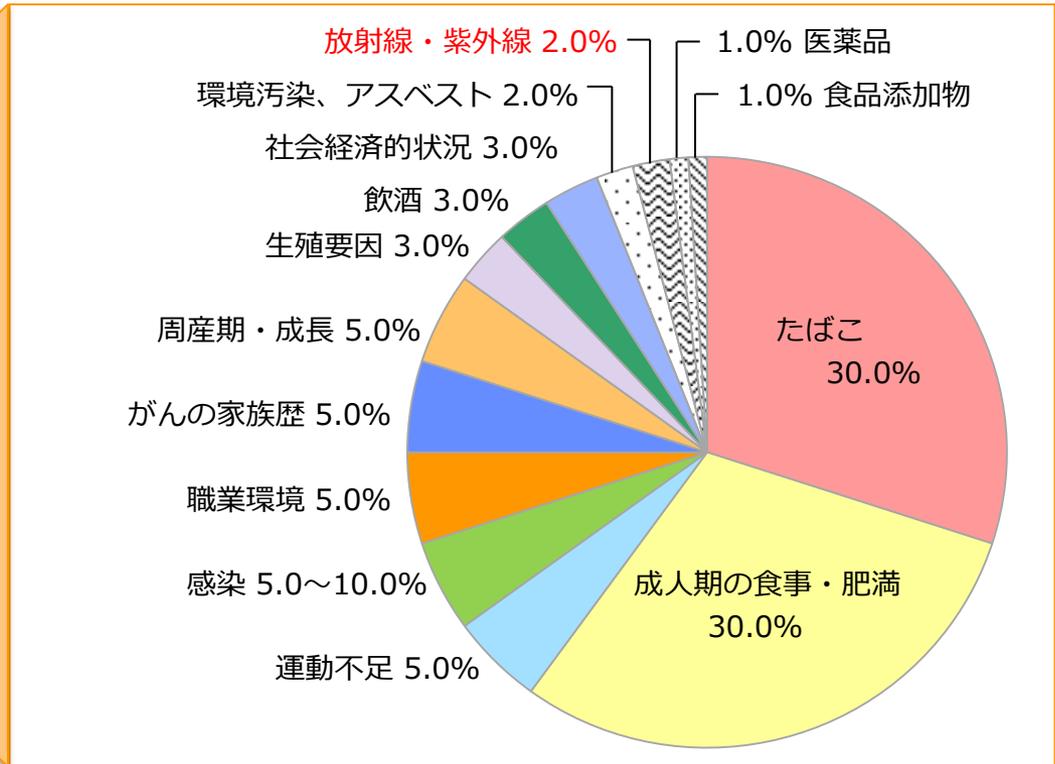
# 発がんに関連する因子

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。

# 福島に来てくんち！



福が満開、福のしま。



円盤餃子



鶴ヶ城



ハワイアンズ



大内宿



そば



喜多方ラーメン



フルーツ



日本酒



温泉 (いわき湯本)



尾瀬



磐梯吾妻

Step Forward !! (前へ進もう!!)



福島県立医科大学 放射線腫瘍学講座