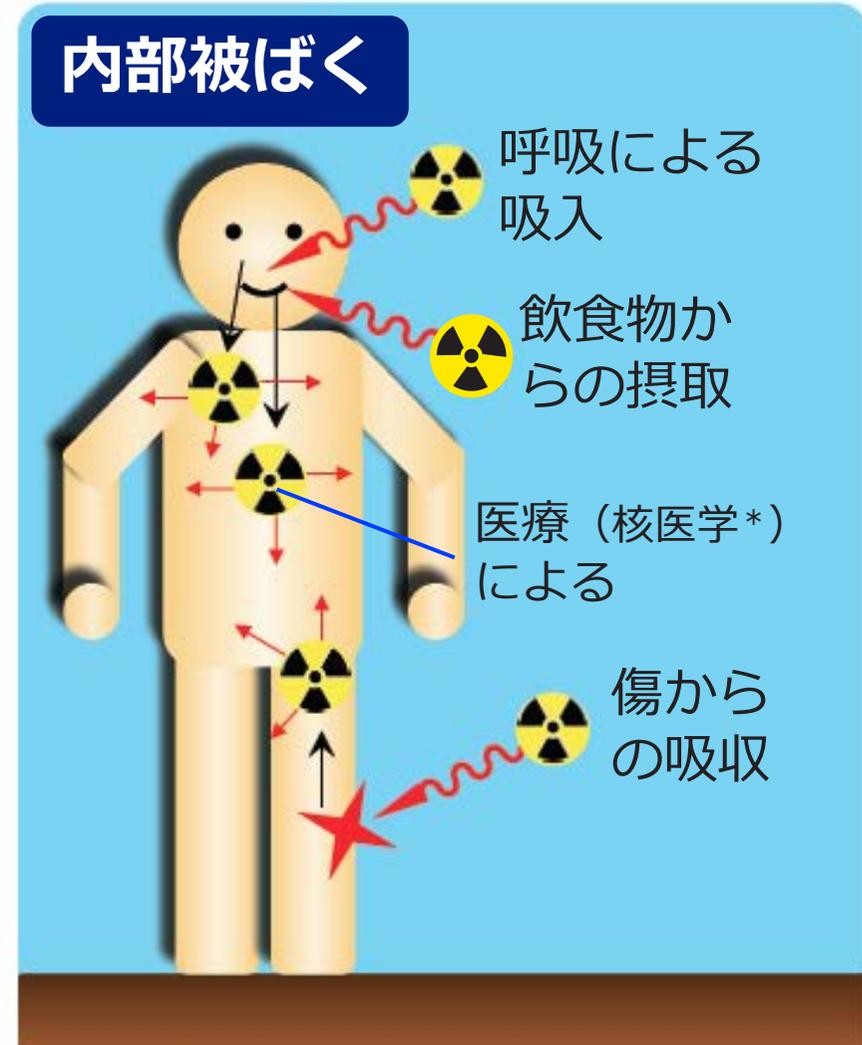
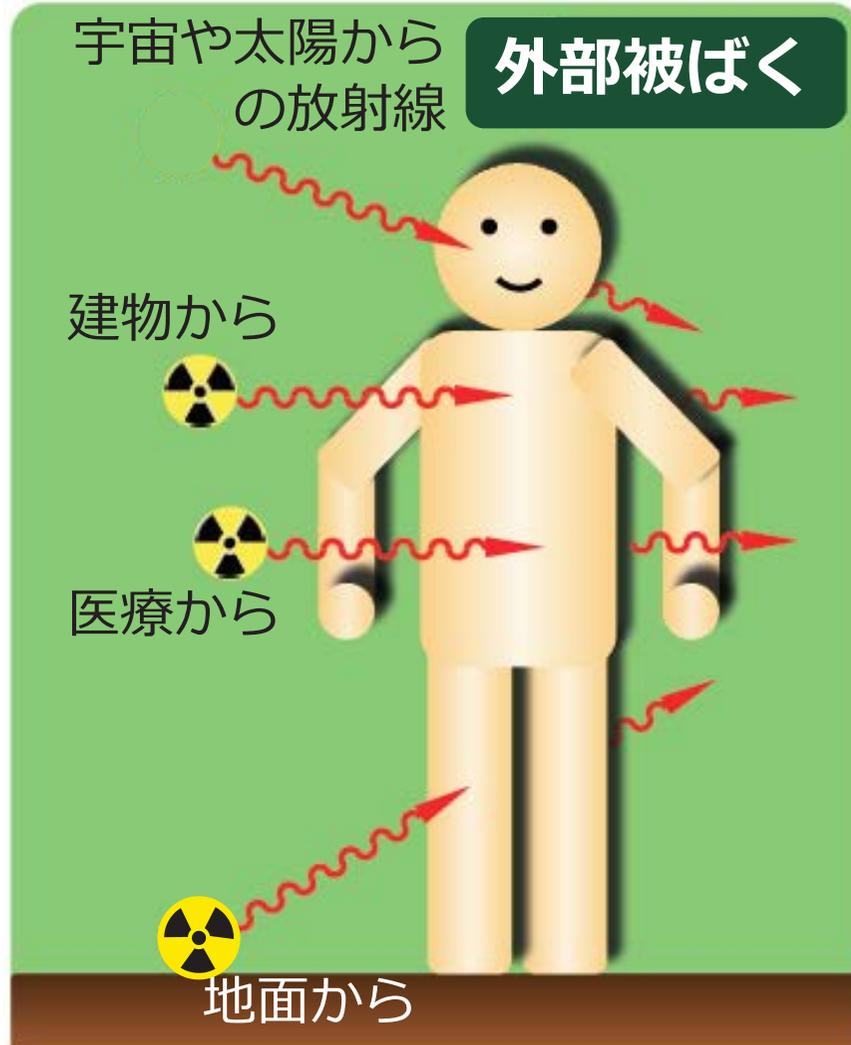


# 外部被ばくと内部被ばく



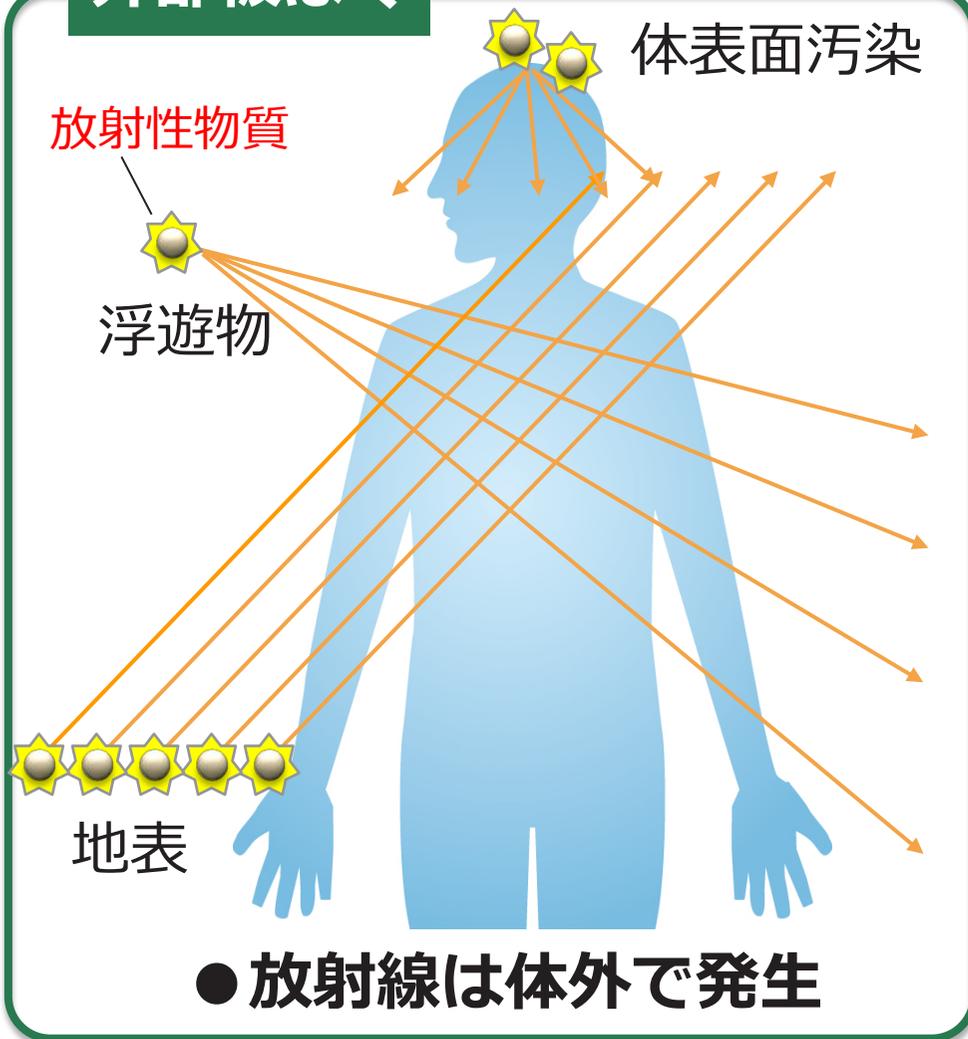
▶放射性物質（線源）が体外にある場合

▶放射性物質（線源）が体内にある場合

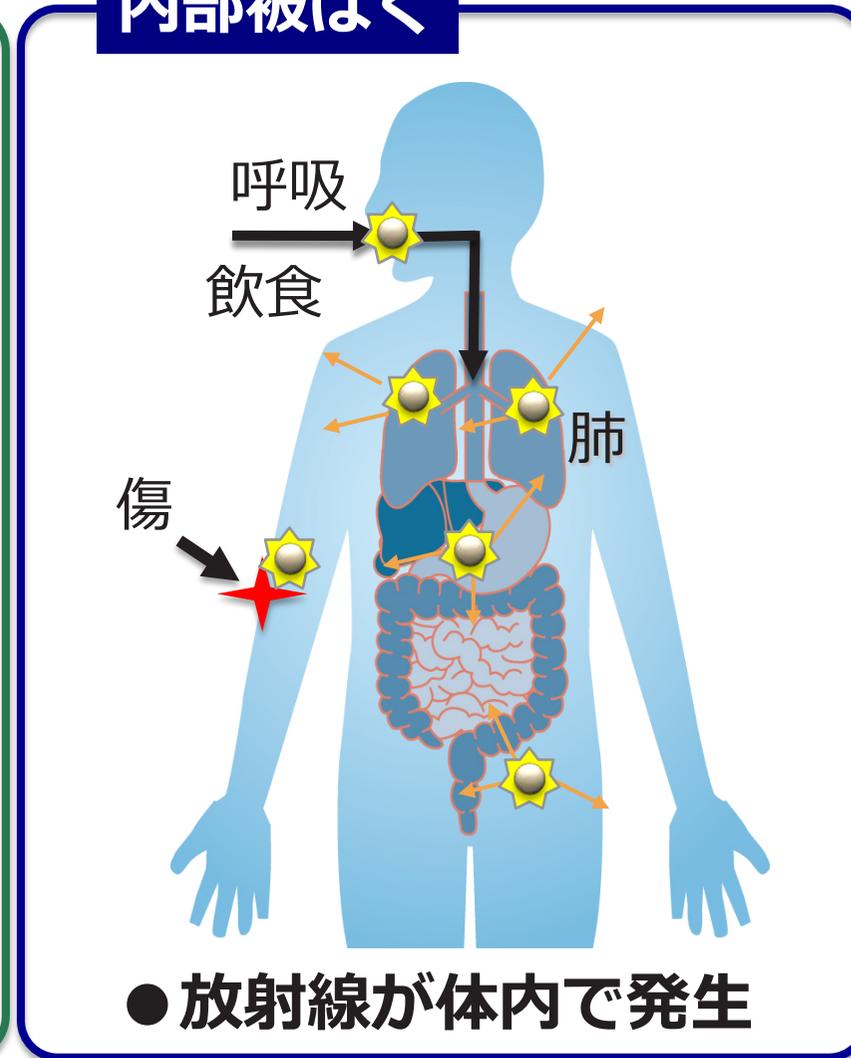
\*核医学とは、放射性同位元素(RI)を用いて診療や治療及び病気が起こる仕組み等の解明を行うことです。核医学検査で使用されている放射性医薬品は、人体に投与する影響等から、非常に半減期が短いRIが使用されています。  
(国立研究開発法人 放射線医学総合研究所のウェブサイトより作成 <http://www.nirs.go.jp/usr/medical-imaging/ja/qa/q02/> 他)

# 体外から・体内から

## 外部被ばく



## 内部被ばく

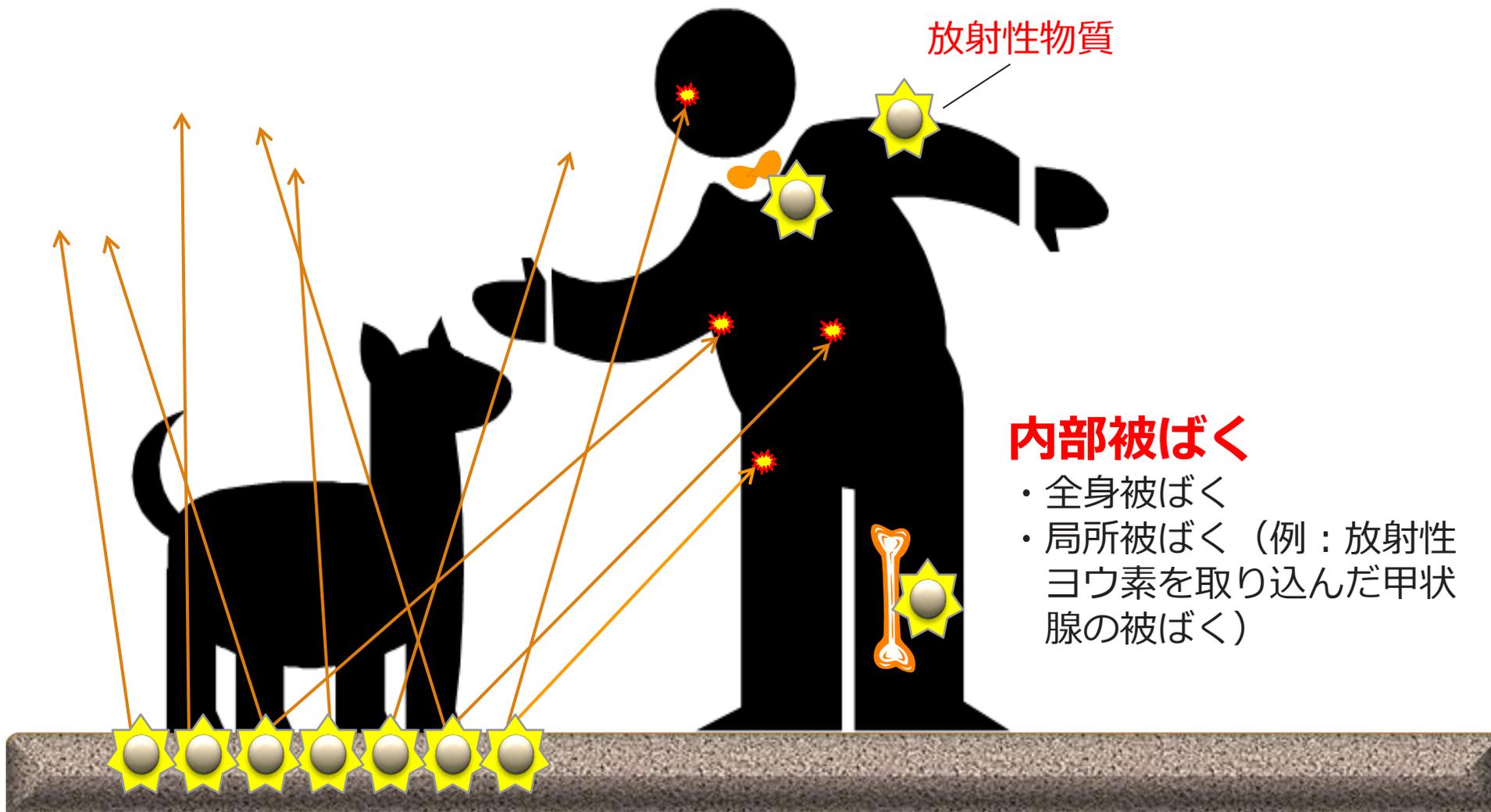


体が放射線を受けるという点は同じ

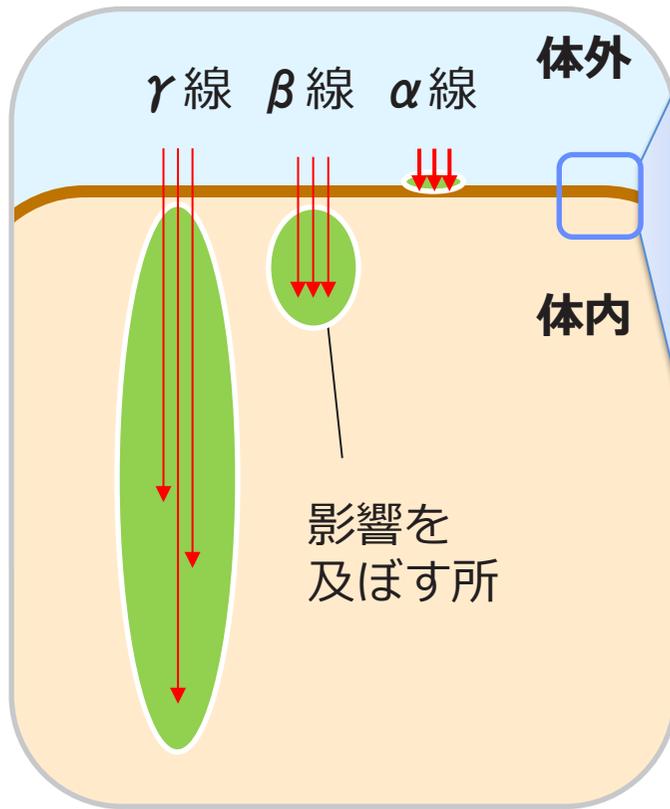
# 様々な被ばく形態

## 外部被ばく

- ・ 全身被ばく
- ・ 局所被ばく（例：X線検査や部分的な体表面汚染による被ばく）

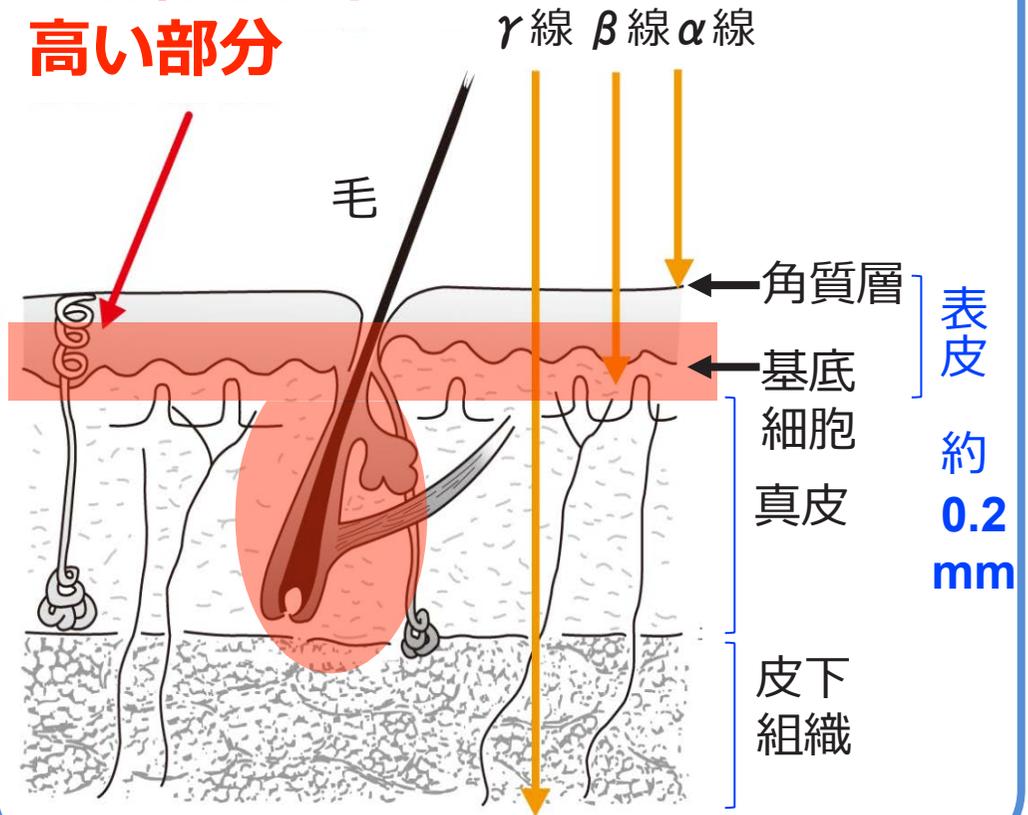


# 外部被ばくと皮膚



## 皮膚の構造

放射線感受性の高い部分



# 内部被ばく

## ① 経口摂取

口から入り（飲み込み）  
消化管で吸収

## ② 吸入摂取

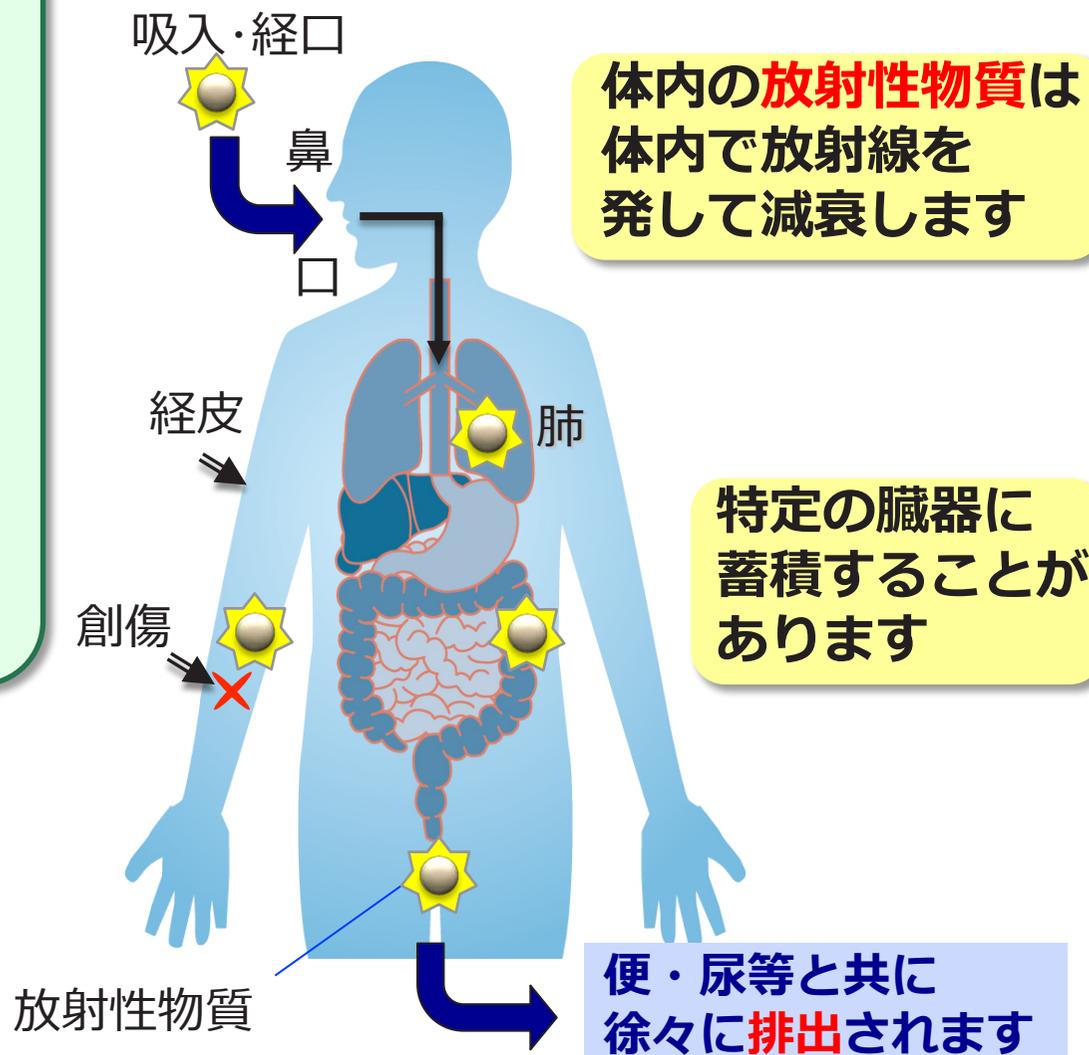
呼吸気道から侵入  
肺・気道表面から吸収

## ③ 経皮吸収

皮膚より吸収

## ④ 創傷侵入

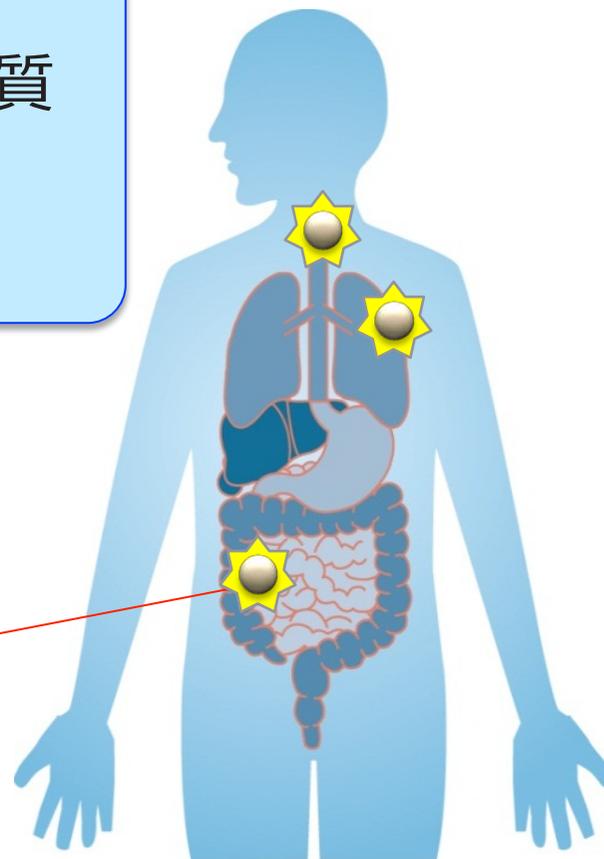
傷口より侵入



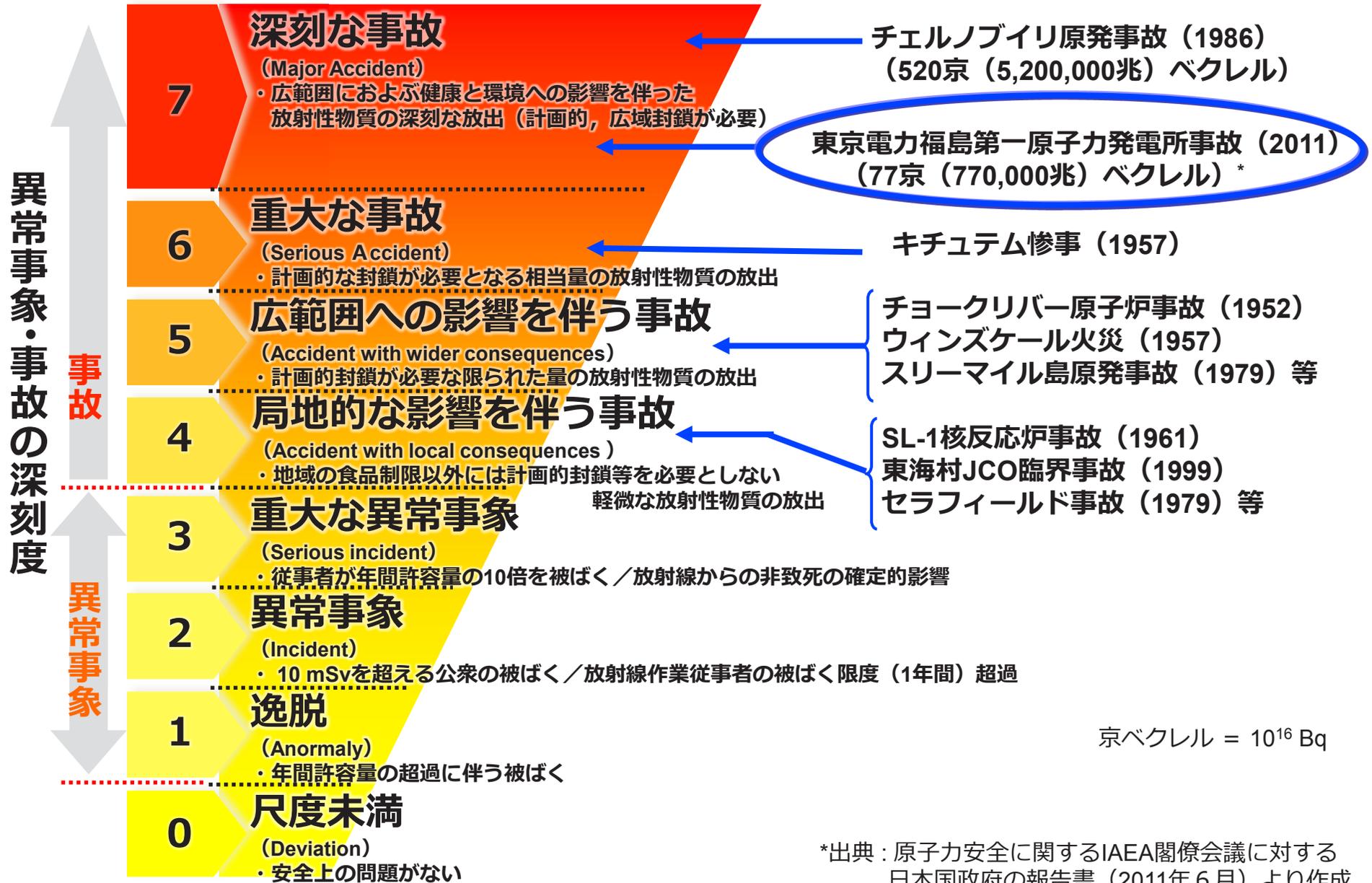
## 内部被ばくで特に問題となる放射性物質の特徴

- ①  $\alpha$ 線を出す物質 >  $\beta$ 線や $\gamma$ 線を出す物質
- ② 取り込まれやすく、排泄されにくい物質
- ③ 特定の組織に蓄積されやすい物質

放射性物質



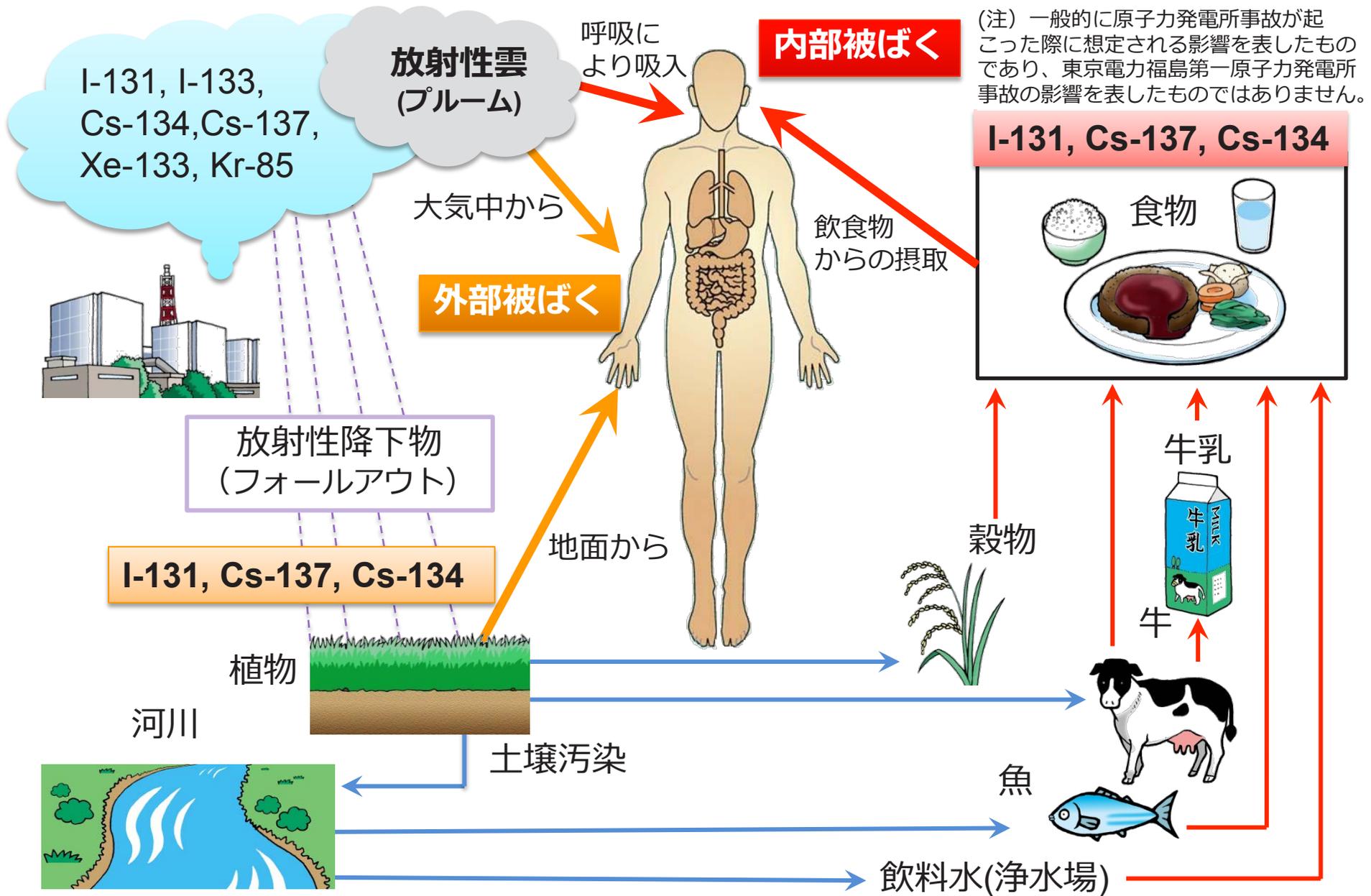
# 国際原子力事象評価尺度



京ベクレル = 10<sup>16</sup> Bq

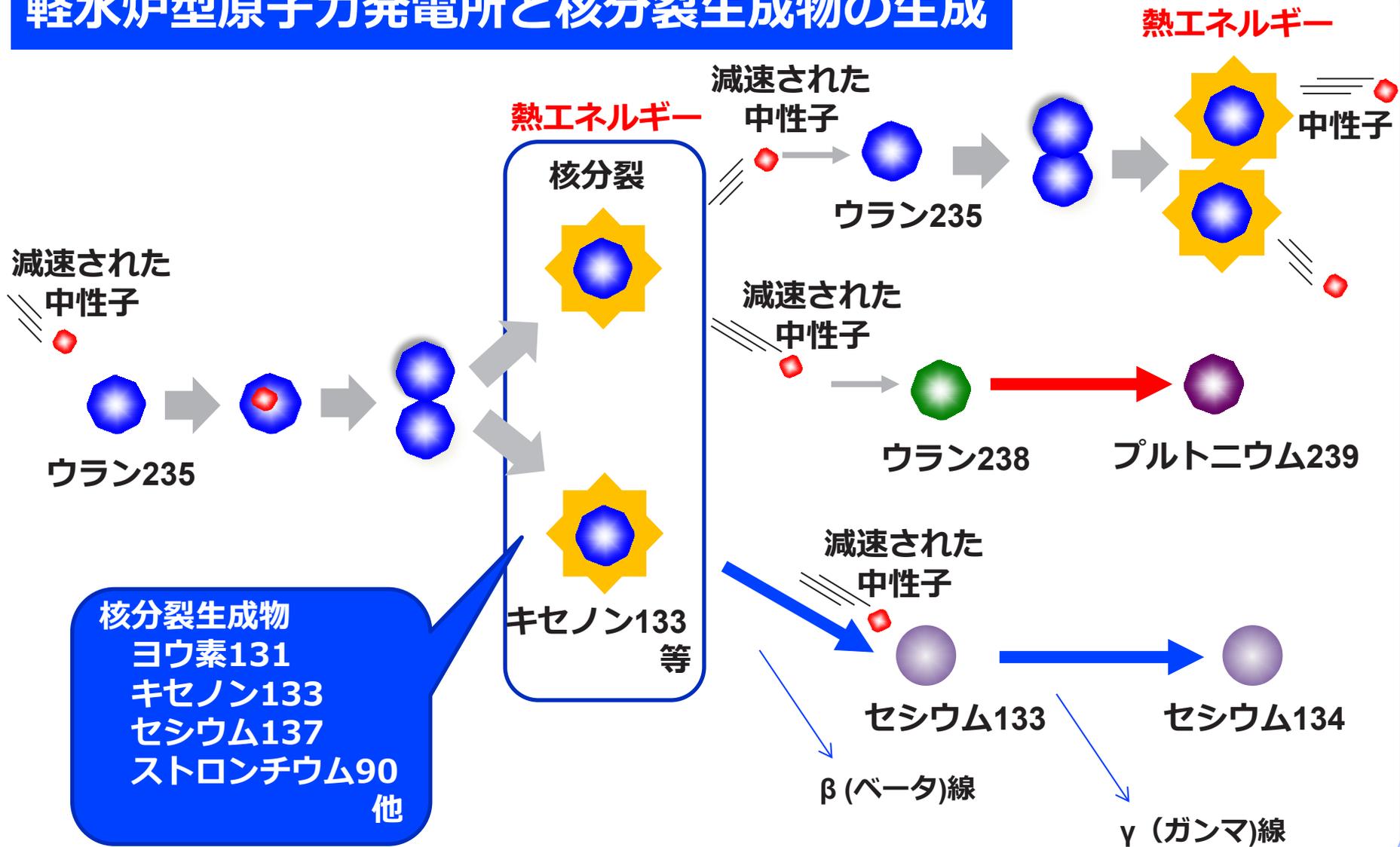
\*出典：原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書 (2011年6月) より作成

# 原子力災害 原子炉事故による影響



# 原子力災害 原子炉内の生成物

## 軽水炉型原子力発電所と核分裂生成物の生成



	I-131 ヨウ素131	Cs-134 セシウム134	Cs-137 セシウム137	Sr-90 ストロンチウム90	Pu-239 プルトニウム239
出す放射線の種類	$\beta, \gamma$	$\beta, \gamma$	$\beta, \gamma$	$\beta$	$\alpha, \gamma$
物理学的半減期	8日	2.1年	30年	29年	24,000年
実効半減期	8日	64日	70日	15年	197年
蓄積する器官・組織	甲状腺	全身	全身	骨	骨、肝臓

実効半減期：体内に取り込まれた放射性物質の量が、生物学的排泄作用（生物学的半減期）及び放射性物質の物理的壊変（物理学的半減期）の両者によって減少し半分になるまでの時間。緊急被ばく医療テキスト（医療科学社）の値を引用しました。

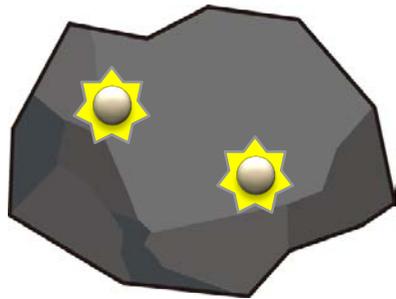
# ベクレルとシーベルト

## ベクレル (Bq)

放射能の量を表す単位

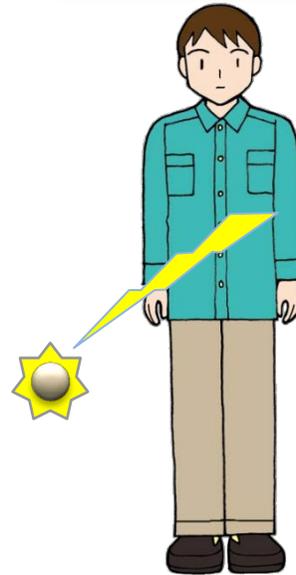
1秒間に1個原子核が変化=  
1ベクレル (Bq)

放射性物質

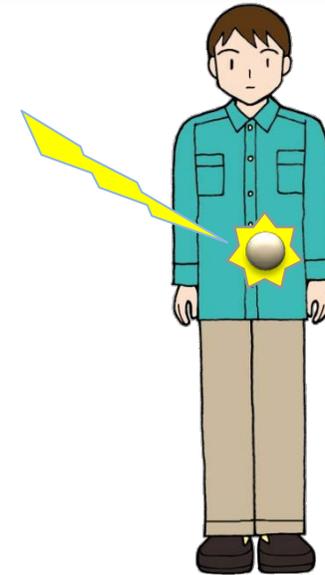


## シーベルト (Sv)

人が受ける被ばく線量の単位  
放射線影響に関係付けられる



体外から  
1ミリシーベルト



体内から  
1ミリシーベルト

人体影響の大きさは同じ程度

# シーベルトの由来

シーベルトは“Sv”の記号で表す

- 1 ミリシーベルト (mSv)  
= 1,000分の1 Sv
- 1 マイクロシーベルト ( $\mu$ Sv)  
= 1,000分の1 mSv



**ロルフ・シーベルト** (1896-1966)

スウェーデン国立放射線防護研究所創設者  
国際放射線防護委員会 (ICRP) 創設に参画

# 単位間の関係

## 放射線を出す側

放射能の強さ※1

ベクレル  
(Bq)

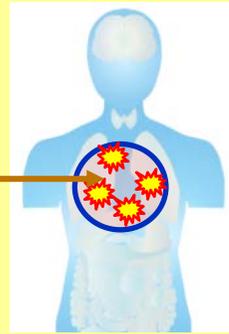


放射性物質

※1 : 1秒間に壊変する原子核の数

## 放射線を受ける側

吸収線量※2  
グレイ (Gy)



放射線を受けた単位質量の物質が吸収するエネルギー量

$$\text{Gy} = \frac{\text{吸収されたエネルギー (J)}}{\text{放射線を受けた部分の質量 (kg)}}$$

※2 : 物質 1 kg 当りに吸収されるエネルギー (ジュール : J、1J≒4.2カロリー)、SI単位はJ/kg

放射線の種類による影響の違い

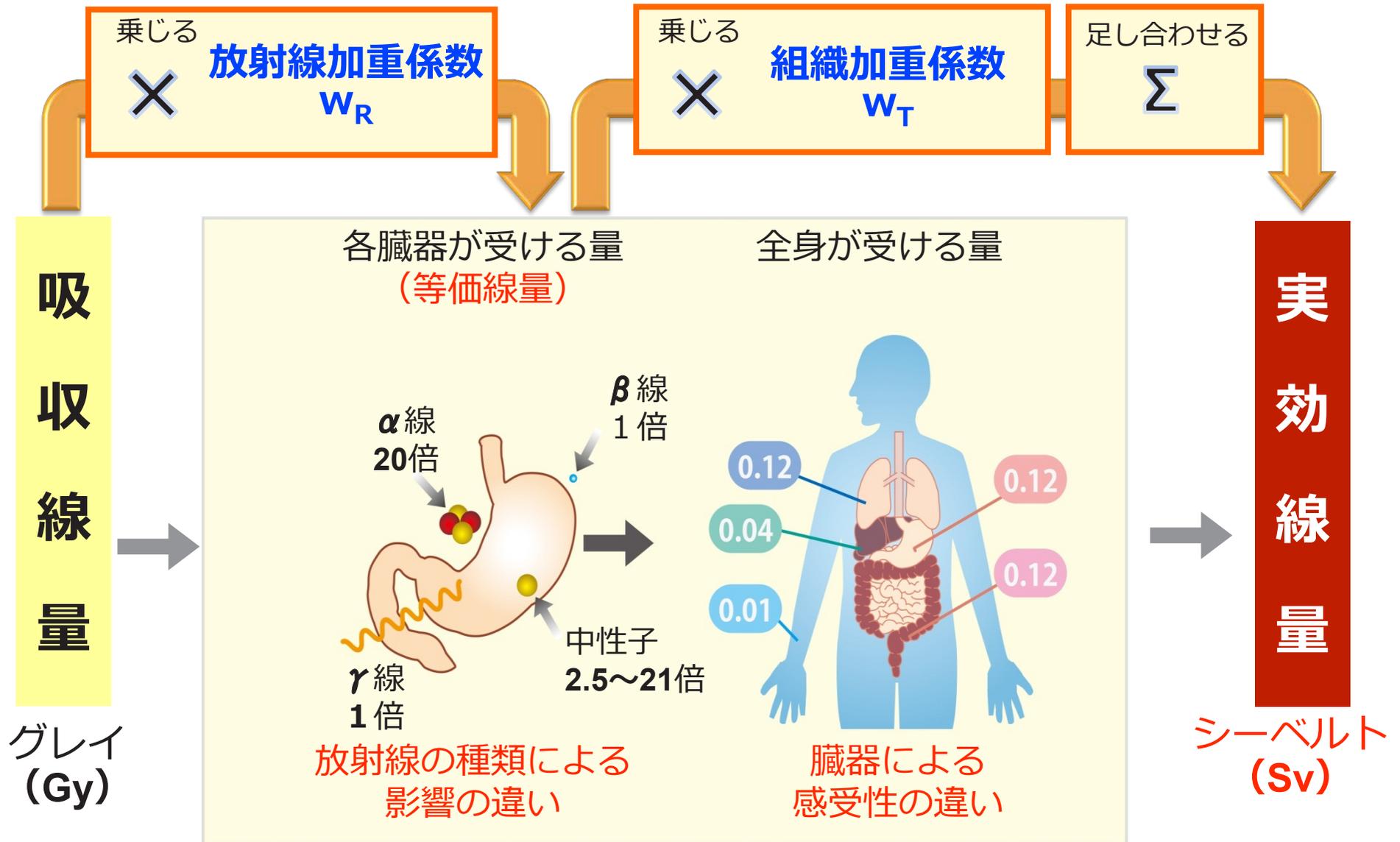
等価線量 (Sv)

臓器による感受性の違い

実効線量  
シーベルト (Sv)

放射線の量を人体影響の大きさを表す単位

# グレイからシーベルトへの換算



## 様々な係数

$$\text{等価線量 (Sv)} = \text{放射線加重係数 } w_R \times \text{吸収線量 (Gy)}$$

放射線の種類	放射線加重係数 $w_R$
$\gamma$ 線、X線、 $\beta$ 線	1
陽子線	2
$\alpha$ 線、重イオン	20
中性子線	2.5~21

$$\text{実効線量 (Sv)} = \sum (\text{組織加重係数 } w_T \times \text{等価線量})$$

組織	組織加重係数 $w_T$
骨髄（赤色）、結腸、肺、胃、乳房	0.12
生殖腺	0.08
膀胱、食道、肝臓、甲状腺	0.04
骨表面、脳、唾液腺、皮膚	0.01
残りの組織の合計	0.12

Sv : シーベルト Gy : グレイ

出典 : 国際放射線防護委員会 (ICRP) 2007年勧告

## 等価線量と実効線量の計算

$$\text{実効線量 (シーベルト (Sv))} = \Sigma (\text{組織加重係数} \times \text{等価線量})$$

全身に均等に  $\gamma$  線が  
**1ミリグレイ (mGy)**  
当たった場合



$$\begin{aligned} \text{実効線量} &= \\ &0.12 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \text{ 骨髄} \\ &+ 0.12 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \text{ 結腸} \\ &+ 0.12 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \text{ 肺} \\ &+ 0.12 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \text{ 胃} \\ &\quad \vdots \\ &+ 0.01 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \text{ 皮膚} \\ &= 1.00 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \\ &= \mathbf{1 \text{ ミリシーベルト (mSv)}} \end{aligned}$$

頭部だけに均等に  $\gamma$  線が  
**1ミリグレイ (mGy)**  
当たった場合



$$\begin{aligned} \text{実効線量} &= \\ &0.04 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \\ &+ 0.01 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \\ &+ 0.01 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \\ &+ 0.12 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \times 0.1 \text{ 骨髄 (10\%)} \\ &+ 0.01 \times 1 (\text{ミリシーベルト}) \times 0.15 \text{ 皮膚 (15\%)} \\ &\quad \vdots \\ &= \mathbf{0.07 \text{ ミリシーベルト (mSv)}} \end{aligned}$$

# 放射線の単位 線量概念：物理量、防護量、実用量

## 物理量：直接計測できる

**放射能の強さ (Bq : ベクレル)**  
1 秒間に変化する原子核の数

**吸収線量 (Gy : グレイ)**  
物質 1 kg 当たりに吸収されるエネルギー

## 人体の被ばく線量：直接計測できない

物理量から  
定義

### 防護量

**等価線量 (Sv : シーベルト)**  
人の臓器や組織が個々に受ける影響を表す

**実効線量 (Sv : シーベルト)**  
個々の臓器や組織が受ける影響を総合して全身への影響を表す

≒

### 実用量

**周辺線量当量 (Sv : シーベルト)**  
環境モニタリングにおいて用いられる防護量の近似値

**個人線量当量 (Sv : シーベルト)**  
個人モニタリングにおいて用いられる防護量の近似値

# 実効線量と線量当量

## 実効線量

放射線被ばくによる全身影響を表す。人体の臓器と組織の等価線量に組織加重係数を乗じたものを合計して算出するが、直接測定できない。

被ばく管理のために、実効線量の代わりに実際に測定できる線量当量を用いる

## 線量当量

人体の被ばく線量を表す線量概念の一つ。被ばく管理（環境モニタリング・個人モニタリング等）のために、実際に測定できる量（実用量）として用いられる。

### 周辺線量当量（空間線量）（Sv：シーベルト）

環境モニタリングにおいて用いられる。

人体の組織を模した直径30cmの球の表面から深さ  $d$  \*で生じる線量当量。

### 個人線量当量（Sv：シーベルト）

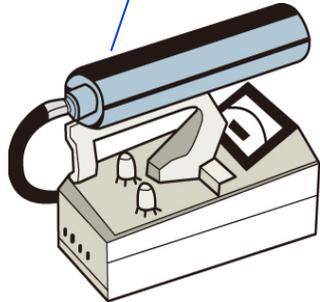
個人モニタリングにおいて用いられる。

人体のある指定された点における深さ  $d$  \*の線量当量。

※深さ  $d$  : 1 cmの場合は実効線量、3 mmの場合は目の水晶体の等価線量、70  $\mu$ mの場合は皮膚の等価線量に相当

# “シーベルト”を単位とする線量

サーベイメータ



① 全身被ばく  
実効線量

③ 局所被ばく  
等価線量

④ サーベイメータ  
の読み取り値

放射線物質  
(放射性ヨウ素、  
放射性セシウム等)



個人線量計

② 内部被ばく  
預託実効線量