

# 放射線・放射能に関わる基礎

## 内容

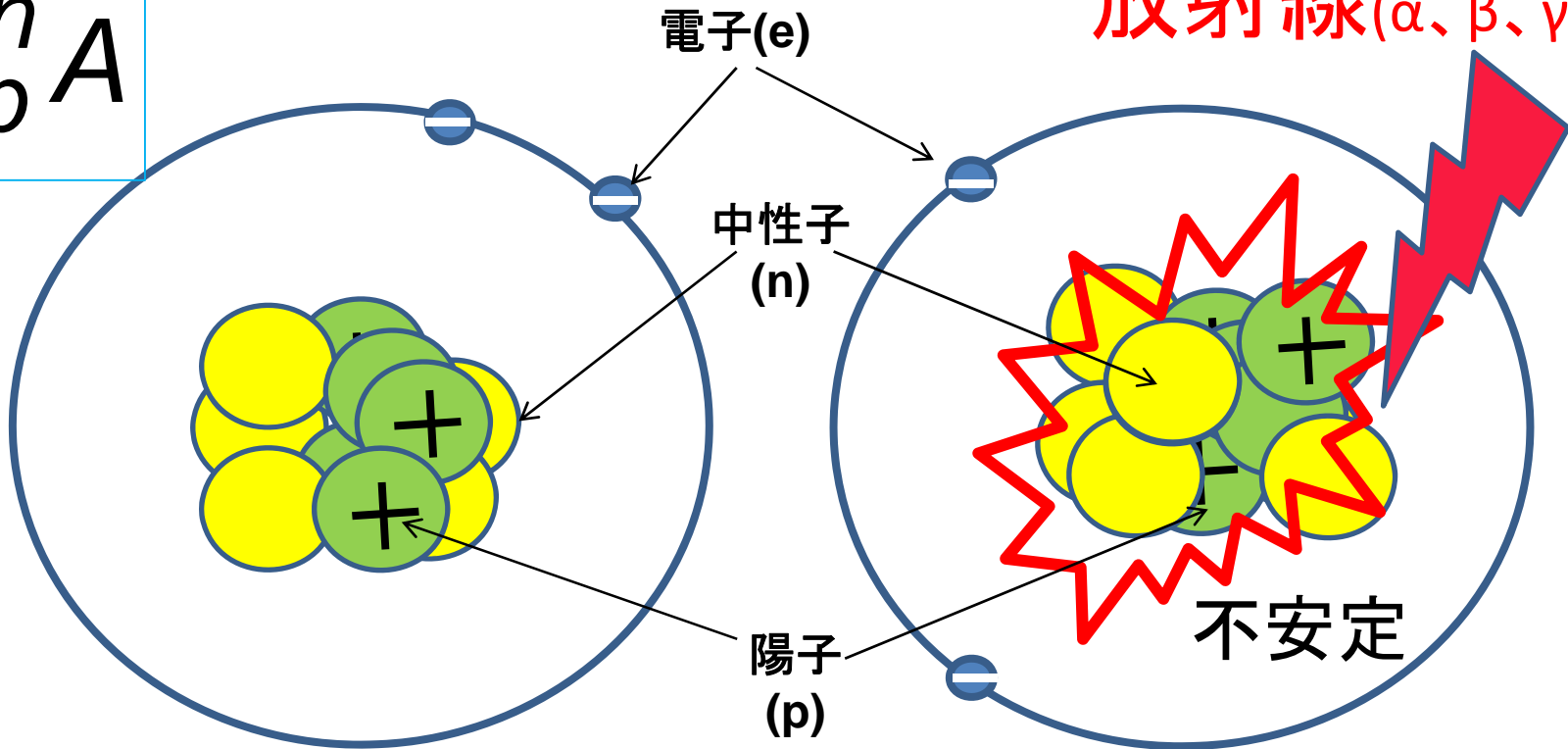
- (1) 原子の構造（安定な原子と不安定な原子\*）  
\* 放射性核種
- (2) 放射性核種から放出される放射線の種類と特性（透過力）
- (3) 地球上に存在する放射性核種
- (4) 放射能と放射線量
- (5) 放射線被ばく（内部被ばくと外部被ばく）

# 安定な原子と不安定な原子

安定核種

放射性核種

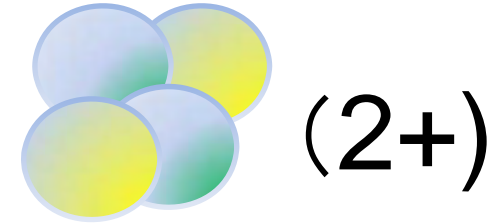
$$\begin{matrix} p+n \\ p \end{matrix} A$$



壊変：放射性核種が壊れること

# おもな放射線の種類

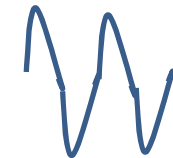
$\alpha$ 線 ヘリウムの原子核



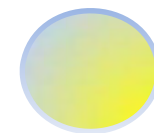
$\beta$ 線 高速の電子



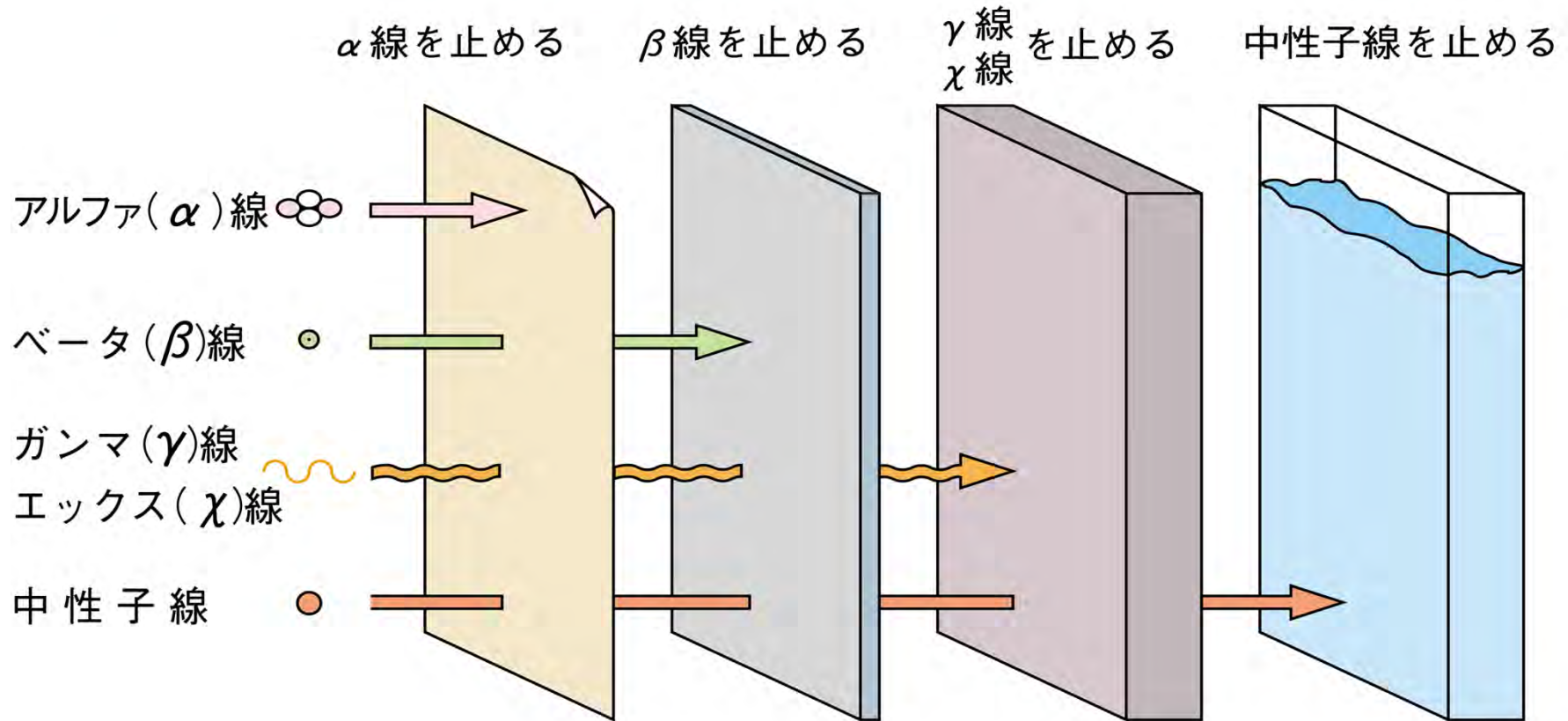
$\gamma$ 線 (X線) 高いエネルギーの電磁波



中性子線 原子核の中にある電荷を持たない粒子



# 放射線の性質（透過力）



物質との

**相互作用**

〔紙〕

〔アルミニウム  
などの薄い  
金属板〕

〔鉛や厚い  
鉄の板〕

〔水や  
コンクリート〕

# 地球が誕生した今から46億年前

炭素 ( $^{14}\text{C}$ ), ベリリウム ( $^{10}\text{Be}$ ), アルゴン ( $^{39}\text{Ar}$ )

ウラン ( $^{238}\text{U}$ )系列 ( $^{222}\text{Rn}$ )  
トリウム ( $^{232}\text{Th}$ )系列( $^{220}\text{Rn}$ )  
アクチニウム ( $^{235}\text{U}$ )系列( $^{219}\text{Rn}$ )  
ネプツニウム ( $^{237}\text{Np}$ )系列

カリウム ( $^{40}\text{K}$ )

# 系列を作る天然放射性核種 ( $^{238}\text{U}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{235}\text{U}$ )

Element	U-238 Series						Th-232 Series				U-235 Series			
Neptunium														
Uranium	$^{238}\text{U}$ $4.47 \times 10^9$ yrs		$^{234}\text{U}$ $2.48 \times 10^5$ yrs								$^{235}\text{U}$ $7.04 \times 10^8$ yrs			
Protactinium		$^{234}\text{Pa}$ 1.18 min										$^{231}\text{Pa}$ $3.25 \times 10^4$ yrs		
Thorium	$^{234}\text{Th}$ 24.1 days		$^{230}\text{Th}$ $7.52 \times 10^4$ yrs				$^{232}\text{Th}$ $1.40 \times 10^{10}$ yrs		$^{228}\text{Th}$ 1.91 yrs		$^{231}\text{Th}$ 25.5 hrs		$^{227}\text{Th}$ 18.7 days	
Actinium								$^{228}\text{Ac}$ 6.13 hrs				$^{227}\text{Ac}$ 21.8 yrs		
Radium			$^{226}\text{Ra}$ $1.62 \times 10^3$ yrs				$^{228}\text{Ra}$ 5.75 yrs		$^{224}\text{Ra}$ 3.66 days				$^{223}\text{Ra}$ 11.4 days	
Francium														
Radon			$^{222}\text{Rn}$ 3.82 days						$^{220}\text{Rn}$ 55.6 sec				$^{219}\text{Rn}$ 3.96 sec	
Astatine														
Polonium			$^{218}\text{Po}$ 3.05 min		$^{214}\text{Po}$ $1.64 \times 10^{-4}$ sec		$^{210}\text{Po}$ 138 days		$^{216}\text{Po}$ 0.15 sec	64%	$^{212}\text{Po}$ $3.0 \times 10^{-7}$ sec		$^{215}\text{Po}$ $1.78 \times 10^{-3}$ sec	
Bismuth				$^{214}\text{Bi}$ 19.7 min		$^{210}\text{Bi}$ 5.01 days					$^{212}\text{Bi}$ 60.6 min			$^{211}\text{Bi}$ 2.15 min
Lead			$^{214}\text{Pb}$ 26.8 min		$^{210}\text{Pb}$ 22.3 yrs	$^{206}\text{Pb}$ stable lead (isotope)		$^{212}\text{Pb}$ 10.6 hrs	36%	$^{208}\text{Pb}$ stable lead (isotope)		$^{211}\text{Pb}$ 36.1 min		$^{207}\text{Pb}$ stable lead (isotope)
Thallium									$^{208}\text{Tl}$ 3.05 min				$^{207}\text{Tl}$ 4.77 min	

# 人間活動が盛んになると。。。。

- ・ 天然放射性核種の濃縮と再分布  
( 鉱山・製錬、貴金属の生産・加工)  
 $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{39}\text{Ar}$ ,  $^{131}\text{I}$
- ・ 化石燃料の燃焼 :  $^{210}\text{Pb}$

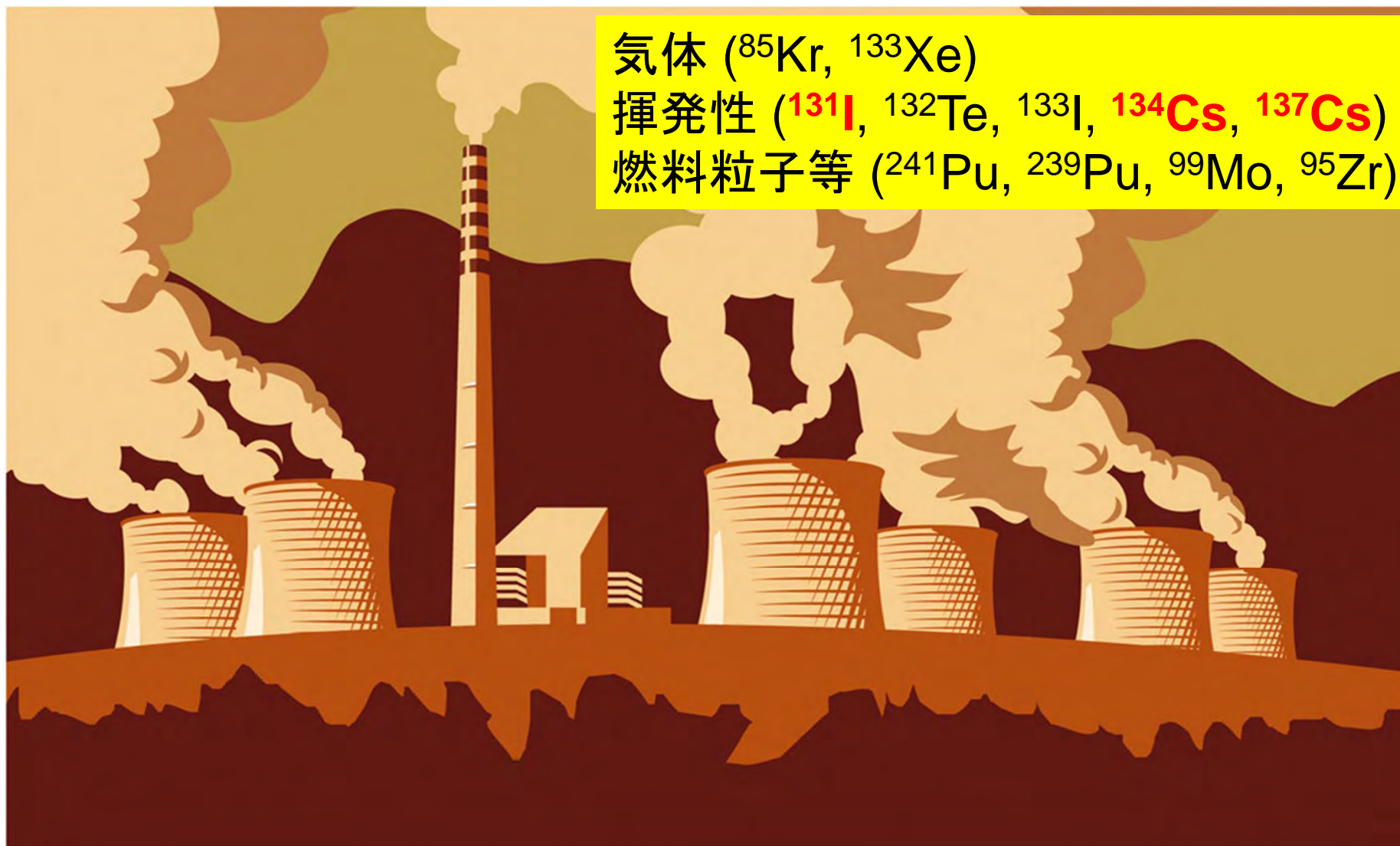


# 放射線施設等で爆発事故が起こると 大量の放射性物質が大気中に放出される

気体 ( $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ )

揮発性 ( $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ )

燃料粒子等 ( $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{99}\text{Mo}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ )





# 放射線の検出および測定

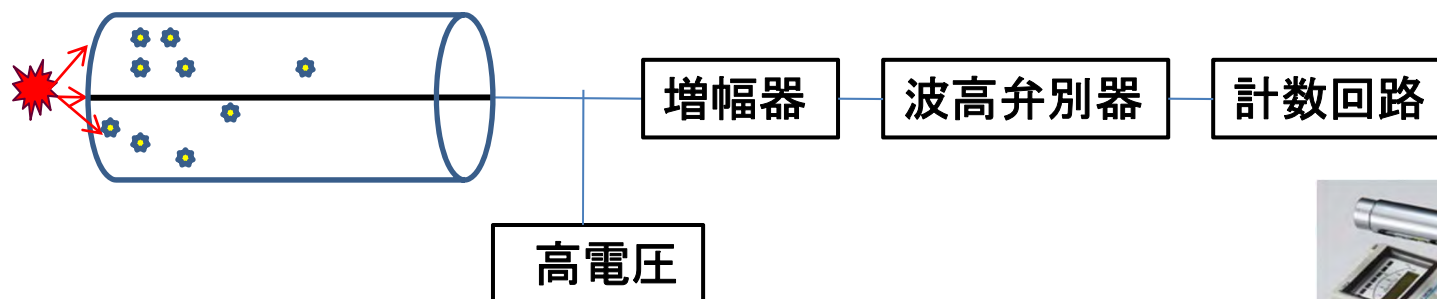
放射線は、目に見えない！

原理： 放射線と物質の相互作用(電離作用)

対象：  $\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線（中性子）

検出器： 気体、液体、固体

測定装置の例 ガイガーミュラー (GM) カウンタ



# 放射線の測定

1. 放射性核種から放出される放射線の数 (**放射能**)を測定



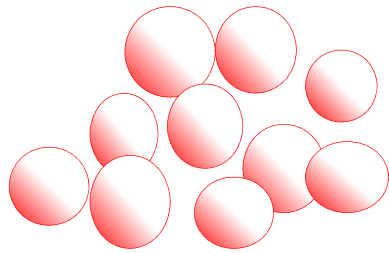
2. 放射性核種等から放出される放射線の量 (**放射線量**)を測定



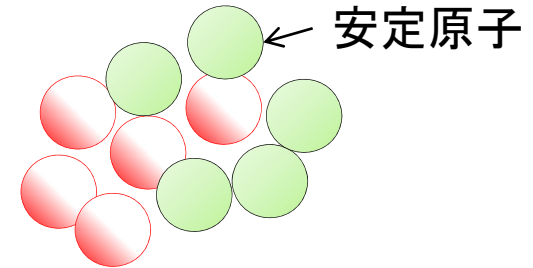
# 放射能について

## ベクレル (Bq)

1秒間に壊れる(壊変する)放射性核種●の数



時間 0 10個



1 秒後 5個

1秒間に壊れた●は5個

5 ベクレル

最初の●数が半分になるまでの時間：**半減期**

# 福島第一原子力発電所事故により 放出された放射性物質

東京電力株式会社 2012年5月  
( )は日本原子力研究開発機構他のデータ

単位 PBq ( $10^{15}$  Bq)

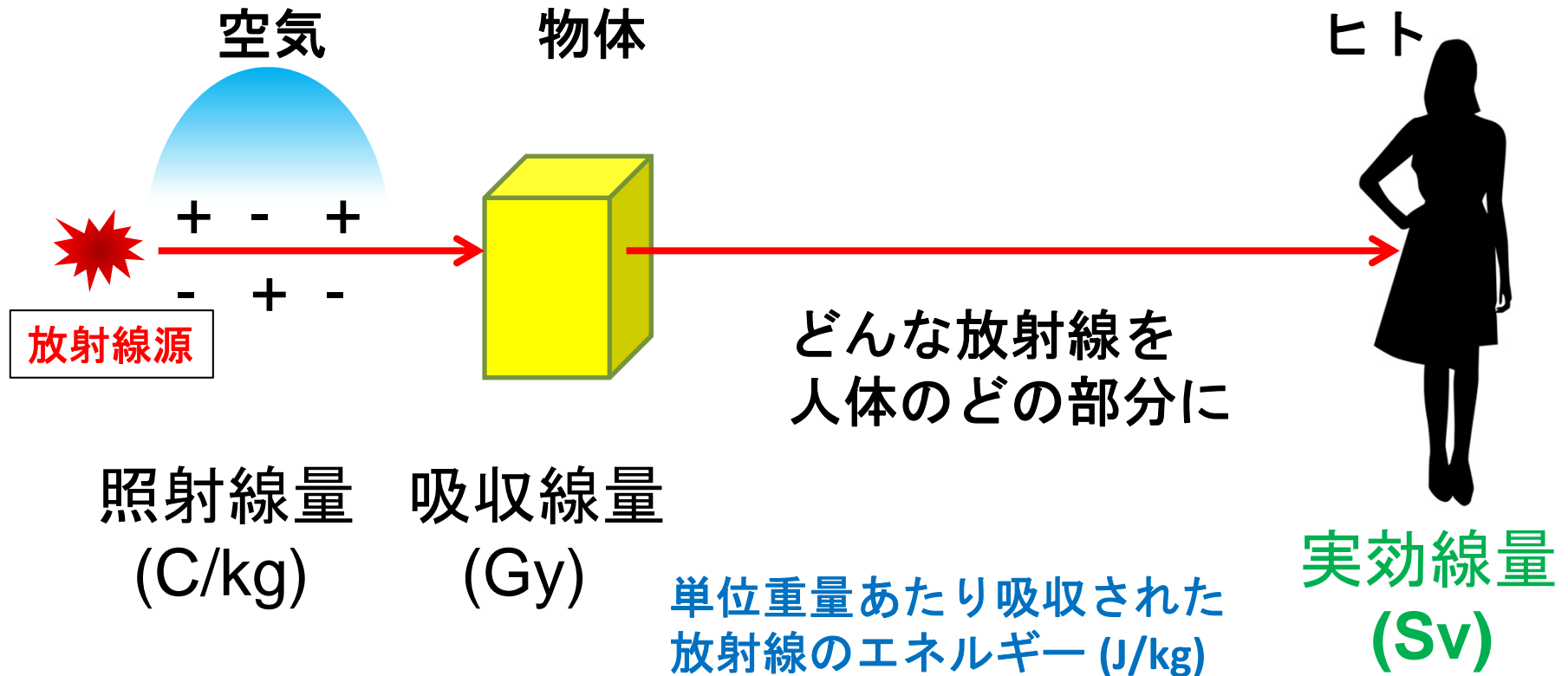
大気 (2011年3月12日~31日)

希ガス	500
ヨウ素131	500 (120~200)
セシウム134	10 (9~20)
セシウム137	10 (9~20)

海洋 (2011年3月26日~9月30日) 総放出量

ヨウ素131	11 (9~13)
セシウム134	3.5 (3~6)
セシウム137	3.6 (3~6)

# 放射線量について



被ばく線量 (Sv) = 外部被ばく線量 + 内部被ばく線量

測定装置：NaI サーベイメータ (空間放射線量率, Sv/h) × 時間(h)  
個人線量計 (積算線量)

# 放射線による被ばく

シーベルト (Sv) は  
被ばくの程度を表す単位  
放射線のエネルギーをどのくらい  
受けたか

- ・外部被ばく →
- ・内部被ばく →

被ばく線量 (Sv) :

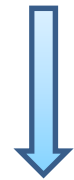
内部被ばく線量  
+  
外部被ばく線量



# 内部被ばく線量



放射性核種が体の中に入る（呼吸や食事など）



どのくらい取り込んだかを測定（推定）放射能（Bq）

体のどこに溜まっているか（放射線感受性）



実効線量 (Sv) への換算係数（預託実効線量係数、 $\mu\text{Sv}/\text{Bq}$ ）

核種、化学形、取り込み経路、年齢ごとに決められた数値



実効線量係数： $^{137}\text{Cs}$  (0.000013 –経口摂取)

**内部被ばく線量（預託実効線量） Sv**

# 預託実効線量係数 ( $\mu\text{Sv/Bq}$ )

## 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ヶ月児	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	0.52	0.014	0.010	0.060	0.27
15歳児	0.034	0.019	0.013	0.080	0.24
成人	0.022	0.019	0.013	0.028	0.25

預託の期間（線量の積算期間）： 成人で50年、子供では、摂取した年齢から70歳まで



# 環境放射線被ばくの原因

## 世界平均

自然放射線による年間被ばく線量

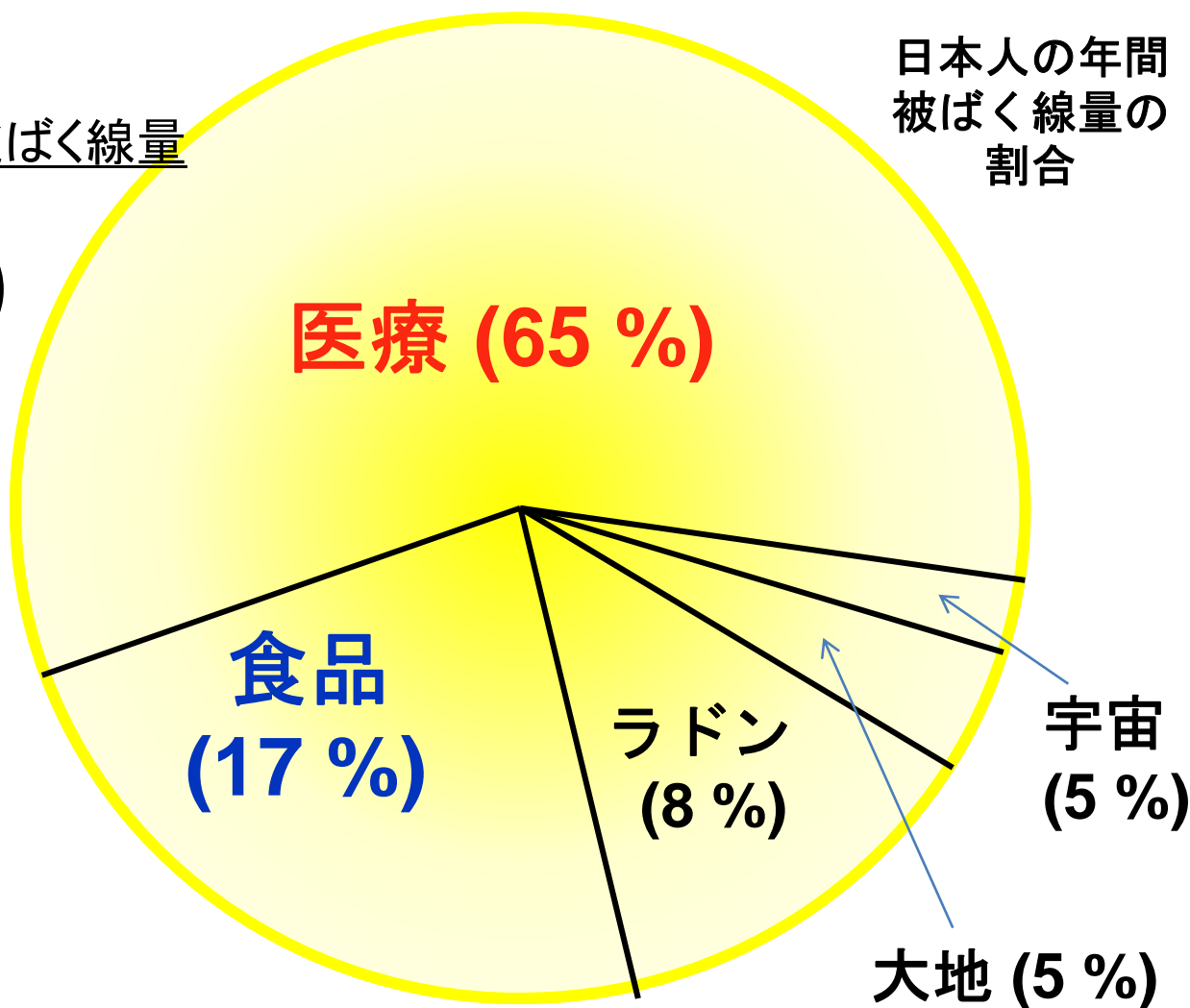
**2.4 mSv (3.02)**

(ラドン: 1.26 mSv)

日本人の年間平均  
被ばく線量 (mSv/y)

**2.1 mSv (5.98)**

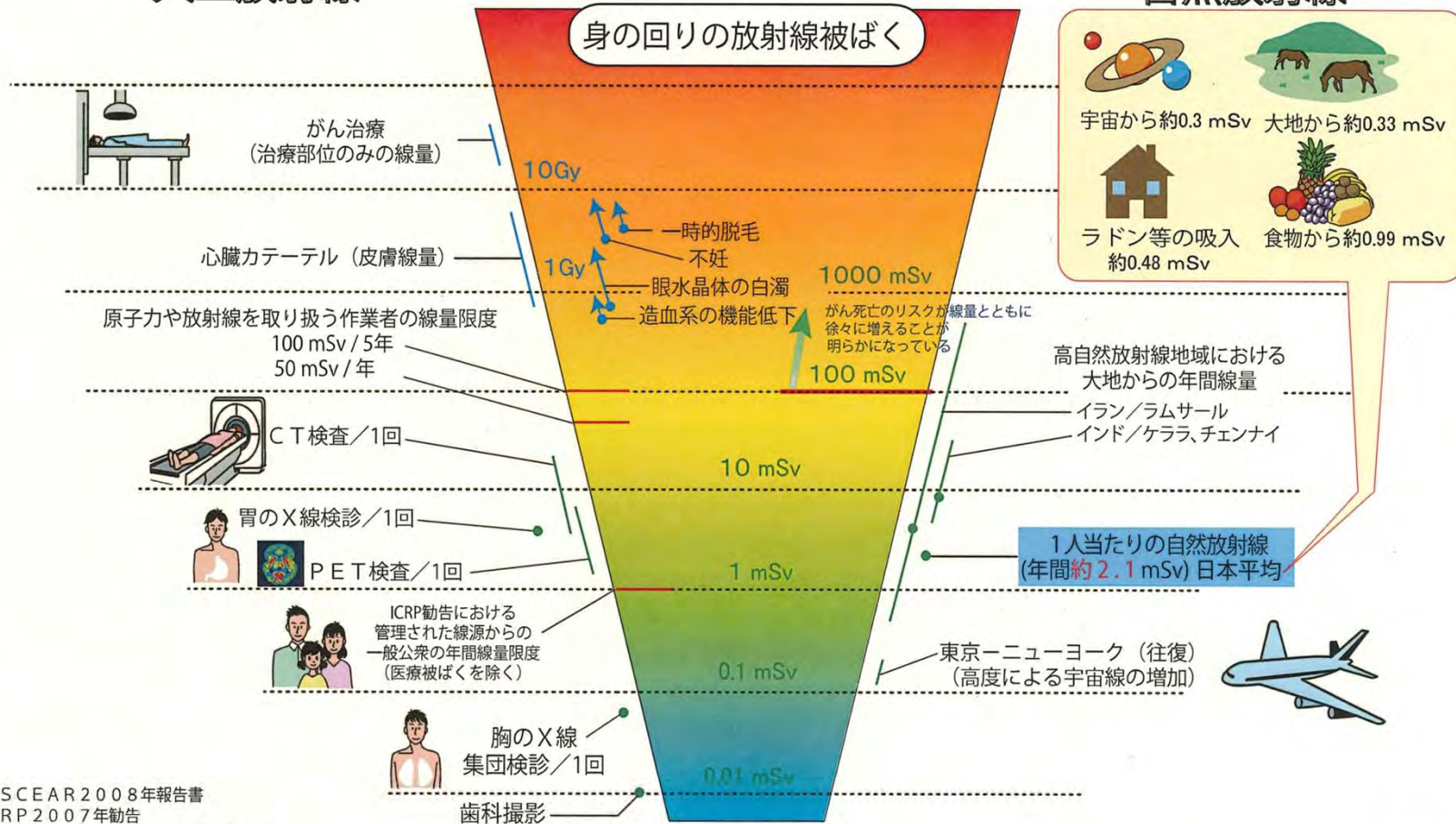
(ラドン: 0.48 mSv)



# 放射線被ばくの早見図

## 人工放射線

## 自然放射線



・ UNSCEAR 2008 年報告書  
・ ICRP 2007 年勧告  
・ 日本放射線技師会医療被ばくガイドライン  
・ 新版 生活環境放射線 (国民線量の算定)  
などにより、放医研が作成(2013年5月)

### 【ご注意】

- 1) 数値は有効数字などを考慮した概数です。
- 2) 目盛(点線)は対数表示になっています。  
目盛がひとつ上がる度に10倍となります。
- 3) この図は、引用している情報が更新された場合  
変更される場合があります。

### 【線量の単位】

各臓器・組織における吸収線量: Gy (グレイ)

放射線から臓器・組織の各部位において単位重量あたり  
にどれくらいのエネルギーを受けたのかを表す物理的の量。

実効線量: mSv (ミリシーベルト)

臓器・組織の各部位で受けた線量を、がんや遺伝性影響の感受性について  
重み付けをして全身で足し合わせた量で、放射線防護に用いる線量。

各部位に均等に、ガンマ線 1 Gy の吸収線量を全身に受けた場合、  
実効線量で1000 mSv に相当する。

独立行政法人 **NIRS**

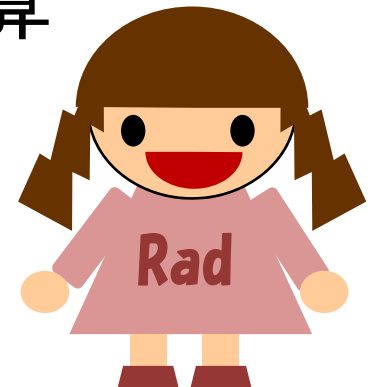
放射線医学総合研究所

<http://www.nirs.go.jp>

Ver.130502

### 3. 食品と放射能: 内部被ばく線量

- 体内や食品に含まれる放射性核種と放射能
- 食品中の放射能基準値
- 基準値はどのように決定されるか
- 内部被ばく線量（預託線量）の計算



# 体内や食品中の放射性核種と放射能

- ・ 体内の放射性核種と放射能（体重60 kg の場合）

放射性核種	放射能 (Bq)
<b>カリウム40</b>	4,000
炭素14	2,500
ルビジウム87	500
鉛210	20



- ・ 食品中の放射性核種 (カリウム40) の放射能濃度 (1 kgあたりの放射能 Bq)

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)

# 食品中の放射能基準値（放射性セシウム）

単位：1 kgあたりの放射能 Bq

核種	食品	日本	米国	EU
放射性セシウム ( <sup>134</sup> Cs+ <sup>137</sup> Cs)	乳幼児食品	50	1,200	400
	牛乳	50		1,000
	飲料水	10		1,000
	一般食品	100		1,250
食品基準値の考え方		被ばく線量が年間 <b>1 mSv 以内</b> になるよう設定。一般食品は 50%、牛乳・乳幼児用食品は 100% が汚染されている仮定して算出	被ばく線量が年間 <b>5 mSv 以内</b> になるよう設定。食品中の 50% が汚染されていると仮定して算出	被ばく線量が年間 <b>1 mSv 以内</b> になるよう設定。食品中の 10% が汚染されていると仮定して算出。

# 内部被ばく線量（預託線量）の求め方

預託線量 (mSv) = 食物1日摂取量 (kg) × 摂取日数 (日)  
× 実効線量係数 (mSv/Bq) × 放射性核種の濃度 (Bq/kg)

例) お米 ( $^{137}\text{Cs}$ 濃度 : 100 Bq/kg) を 1日500 g ずつ1年間  
食べた場合の  $^{137}\text{Cs}$ による 内部被ばく線量 (預託線量)  
 $X_{\text{Cs}}$  (mSv)

$$\begin{aligned} X_{\text{Cs}} &= 0.5 \text{ (一日摂取量)} \times 365 \text{ (摂取日数)} \times 0.000013 \\ &\quad \text{(}^{137}\text{Cs 実効線量係数)} \times 100 \text{ (放射性核種の濃度)} \\ &= \underline{\underline{0.24 \text{ mSv}}} \end{aligned}$$

例) 放射性カリウムの場合も同様に、

$$X_{\text{K}} = 0.5 \times 365 \times 0.0000062 \times 30 = \underline{\underline{0.03 \text{ mSv}}}$$