



放射能・放射線を正しく理解する  
～福島第一原子力発電所事故に関連して～



2011年7月9日

川崎市国際交流センター

# 放射能と放射線の基礎

永目 諭一郎  
日本放射化学会

先端基礎研究センター

**JAEA**

独立行政法人  
日本原子力研究開発機構  
Japan Atomic Energy Agency

1. はじめに～世界化学年
2. 放射線・放射能・核分裂の発見
3. 放射能・放射線とは
4. 放射能と放射線の強さを示す尺度(単位)  
    ベクレル、シーベルト
5. 原発事故で、なぜヨウ素、セシウム？
6. 核分裂反応で生じる熱は？
7. 放射能・放射線の利用

## 世界化学年

# International Year of Chemistry (IYC)



International Year of  
**CHEMISTRY**  
2011

2011年:キュリー夫人がノーベル化学賞を受賞してから  
ちょうど100年目

受賞理由:ラジウム (Ra) とポロニウム (Po) の発見と、ラ  
ジウムの性質およびその化合物の研究において、化  
学に特筆すべき功績をあげた事 → 新元素発見

その功績を称えて2011年を「世界化学年」  
(International Year of Chemistry: IYC)とすることが、  
2008年の国際連合総会で採択

ラジウム (Ra) とポロニウム (Po) → 放射性元素

→ 放射化学のはじまり

放射化学の歴史 ⇒ 世界化学年

世界化学年 (放射化学100年) の年

東日本大震災

東京電力福島第一原子力発電所事故

ヨウ素 (I) → 発見200年目

人体にとって必須の微量元素

→ **ヨウ素-131** ( $^{131}\text{I}$  半減期8日) 甲状腺機能の診断

### 放射線・放射能に関する偉大な発見

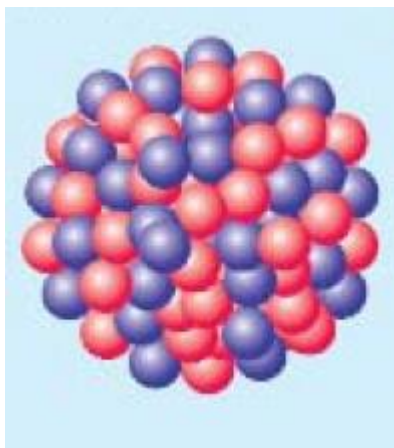
(19世紀後半－20世紀前半)

1. エックス線(1895年) 放電現象 レントゲン
2. 放射能(1896年) ウラン化合物 ベクレル  
ある種の原子が自発的に放射線を放出する現象  
→「放射能」  
ポロニウム(1898年)、ラジウム(1898年)
3. 原子核－原子モデル(1911年) ラザフォード

### 4. 中性子(1932年) チャドウィック

電氣的に中性な粒子(放射線)

原子核の構成粒子 → 陽子と中性子



陽子数 = 原子番号

質量数 = 陽子数 + 中性子数

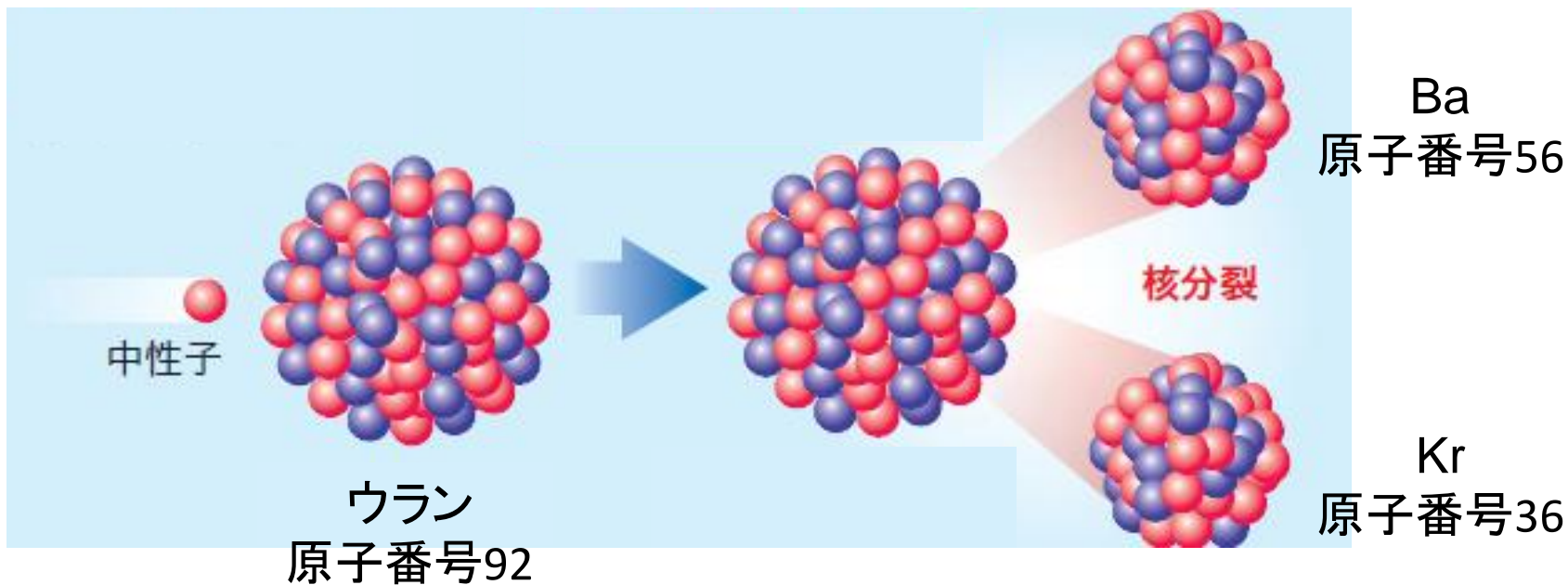
ウラン-235 ( $^{235}\text{U}$ ):

原子番号(陽子数)92、中性子数143

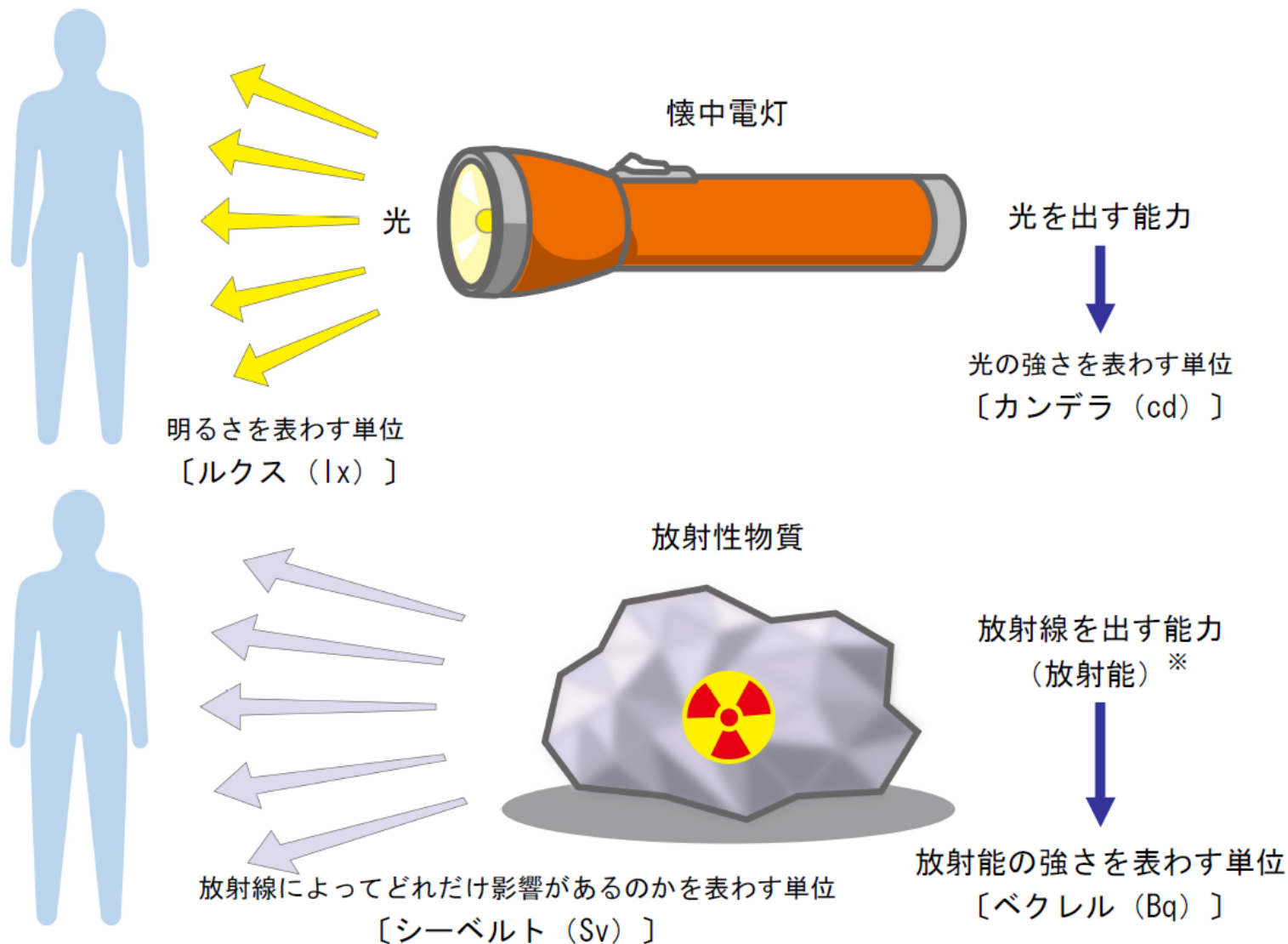
ウランに中性子を照射



5. 核分裂(1938年) ハーンとシュトラスマン  
 バリウム(原子番号56:Ba)の生成  
 核分裂の理論的解釈(1939年)  
 マイトナーとフリッシュ



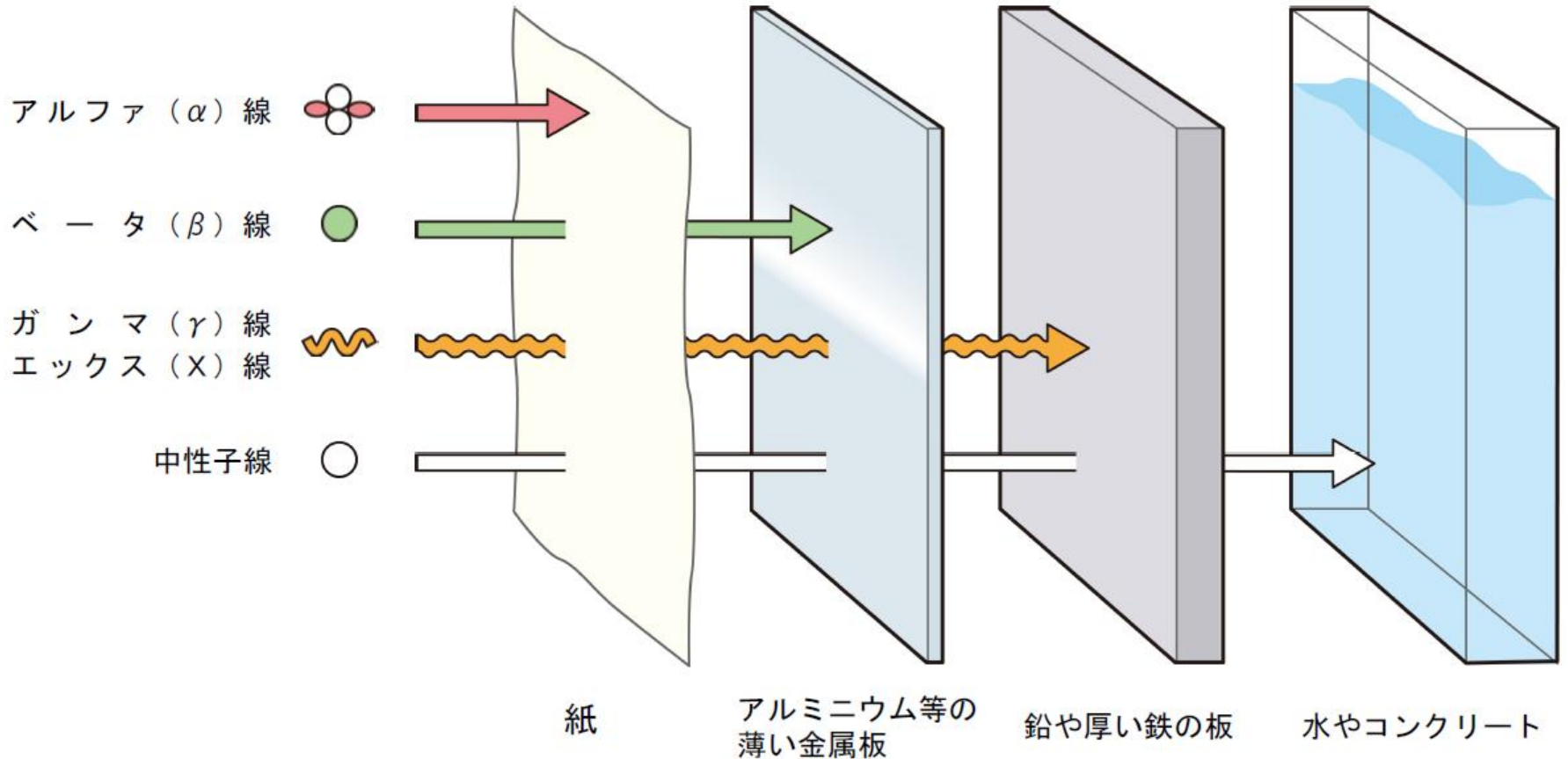




# 放射線の種類と透過力

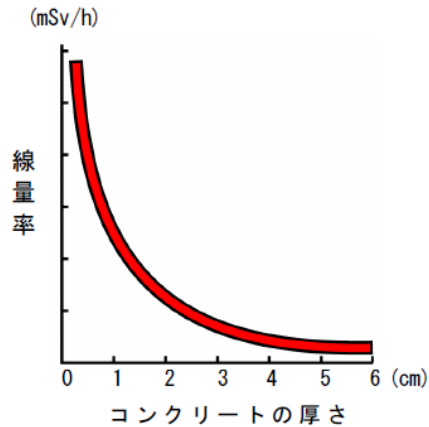
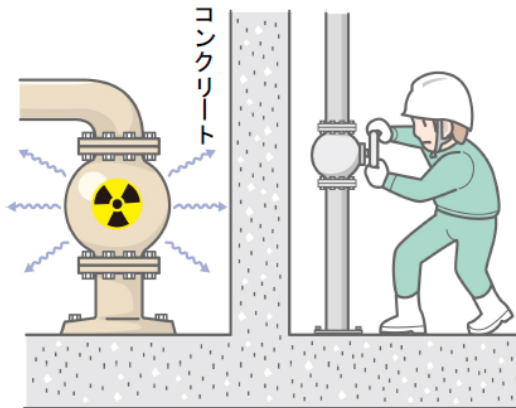
資源エネルギー庁「原子力2010」より

$\alpha$ 線を止める  $\beta$ 線を止める  $\gamma$ 線、X線を止める 中性子線を止める



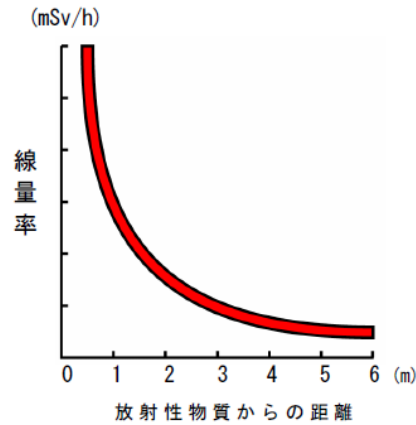
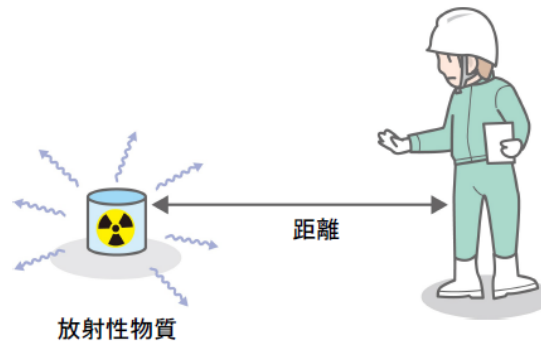
# 放射線防護の基本

## 1. 遮へいによる防護



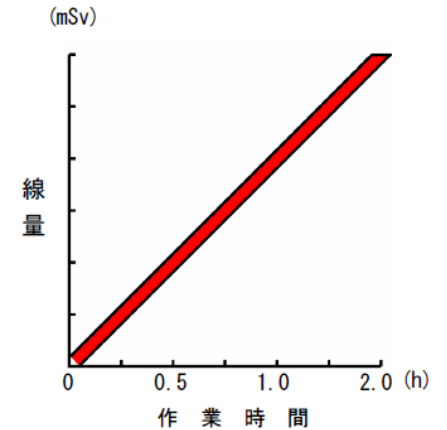
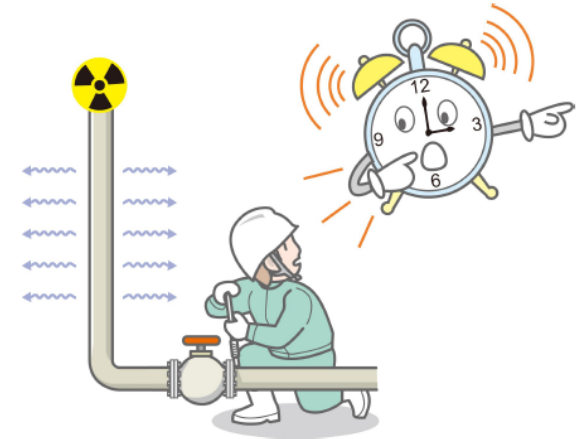
## 2. 距離による防護

(線量率) = (距離)<sup>2</sup> に反比例



## 3. 時間による防護

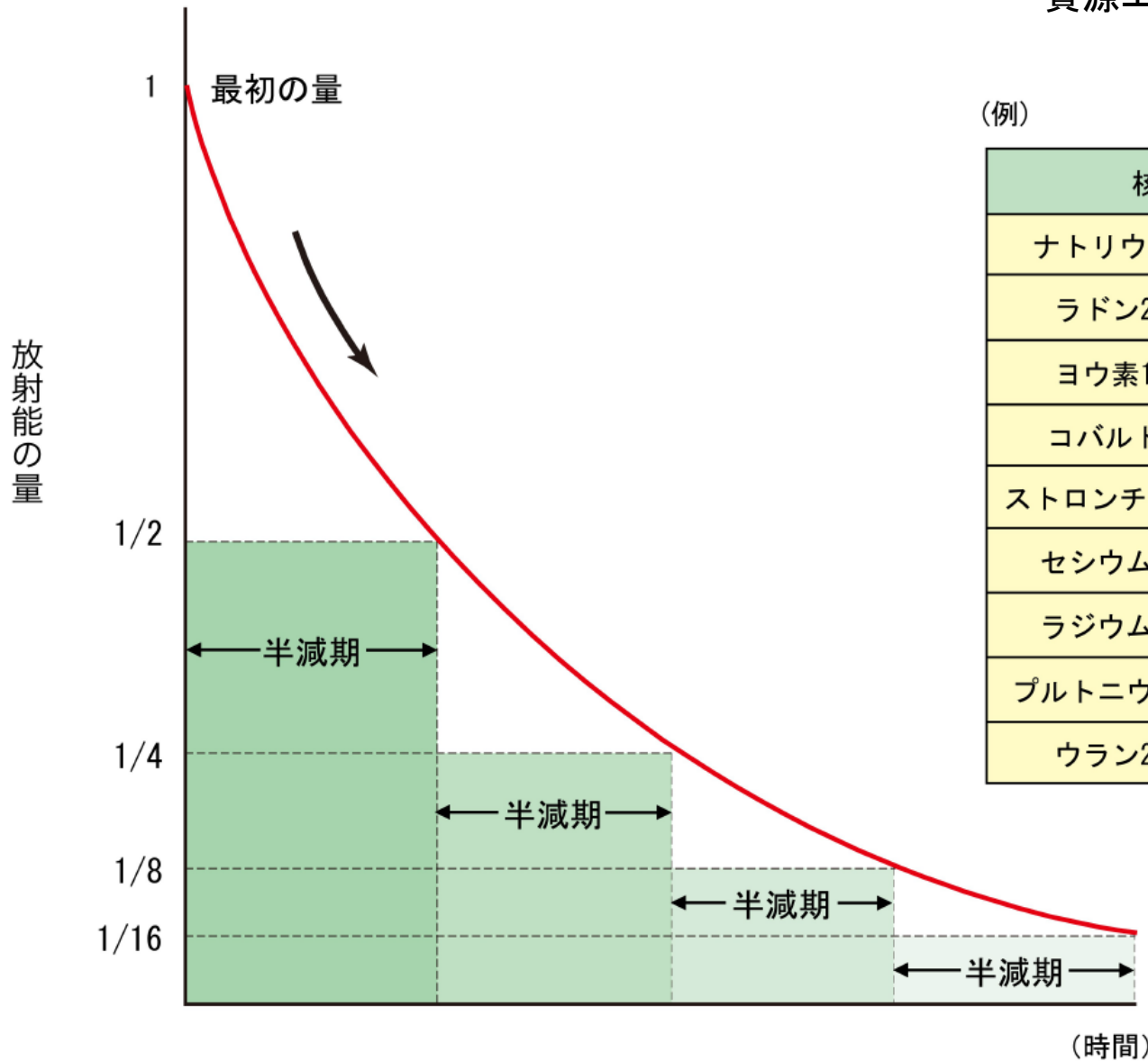
[線量] = [作業場所の線量率] × [作業時間]



名 称	単 位 名 (記 号)	定 義
放射能の単位 国際単位系 (SI)		
放射能	ベクレル (Bq)	1秒間に原子核が崩壊する数を表す単位
放射線量の単位 国際単位系 (SI)		
吸収線量	グレイ (Gy)	放射線のエネルギーがどれだけ物質（人体を含むすべての物質）に吸収されたかを表す単位 1Gyは1kgあたり1ジュールのエネルギー吸収があったときの線量
線 量	シーベルト (Sv)	放射線によってどれだけ影響があるかを表す単位 (1シーベルト=1000ミリシーベルト)
エネルギーの単位		
エネルギー	エレクトロンボルト/ 電子ボルト (eV)	放射線等のエネルギーを表す単位 (1eV=1.6×10 <sup>-19</sup> J)

# 放射能の減り方

資源エネルギー庁「原子力2010」より



(例)

核 種		半減期
ナトリウム24	$^{24}\text{Na}$	15.0時間
ラドン222	$^{222}\text{Rn}$	3.8日
ヨウ素131	$^{131}\text{I}$	8.0日
コバルト60	$^{60}\text{Co}$	5.3年
ストロンチウム90	$^{90}\text{Sr}$	28.8年
セシウム137	$^{137}\text{Cs}$	30年
ラジウム226	$^{226}\text{Ra}$	1,600年
プルトニウム239	$^{239}\text{Pu}$	2.4万年
ウラン238	$^{238}\text{U}$	45億年

## 実効半減期 $T_{\text{eff}}$

体内の放射性物質が、物理的減衰と生物学的排泄の両方の作用で半分に減るまでの時間

### 1. 放射性壊変による減衰（物理的減衰）

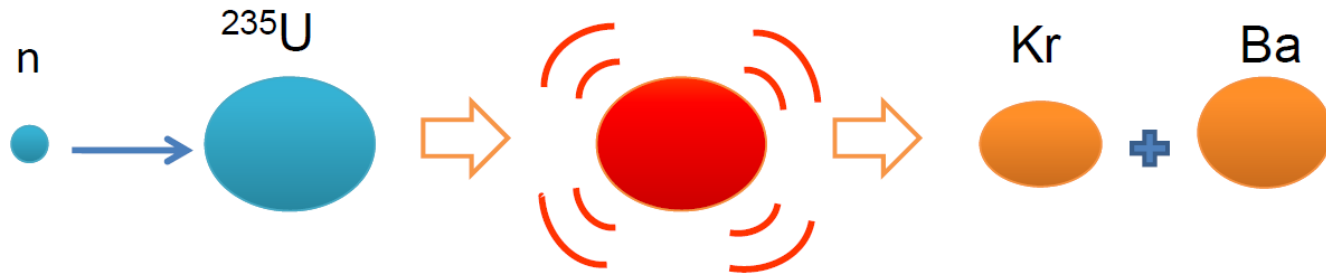
→ 物理的半減期  $T_p$

### 2. 代謝や排泄などの生物学的過程による減衰 （放射能とは関係ない）

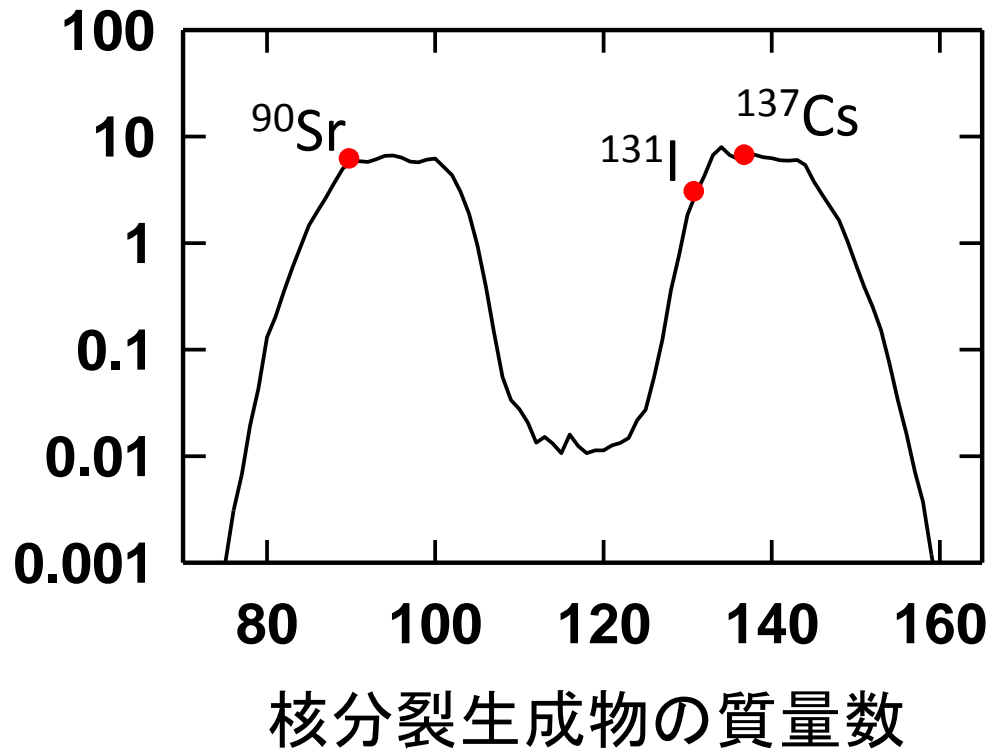
→ 生物学的半減期  $T_b$

$$T_{\text{eff}} = T_p \cdot T_b / (T_p + T_b)$$

核種	問題となる臓器・組織	物理的半減期	生物学的半減期	実効半減期
ヨウ素-131	甲状腺	8日	138日	7.6日
セシウム-137	全身	30年	70日	70日
ストロンチウム-90	骨	29年	49年	18.2年
ウラン-238	腎臓	44億6800万年	15日	15日
プルトニウム-239	骨	24110年	200年	198年



核分裂生成物のできやすさ





ウランの核分裂で、できやすい

半減期が長い  $^{131}\text{I}$  半減期 8日

$^{137}\text{Cs}$  半減期 30年

## 元素の沸点

ヨウ素: 183 °C

セシウム: 703 °C

ストロンチウム ( $^{90}\text{Sr}$  半減期 28年): 1383 °C

ヨウ素、セシウムは揮発性のため原子炉の損傷・破壊によって環境(大気中)に放出されやすい

# 元素の周期表 (2011年7月)

1																	18
1																	2
H																	He
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	113	114	115	116	117	118

ランタノイド	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
アクチノイド	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

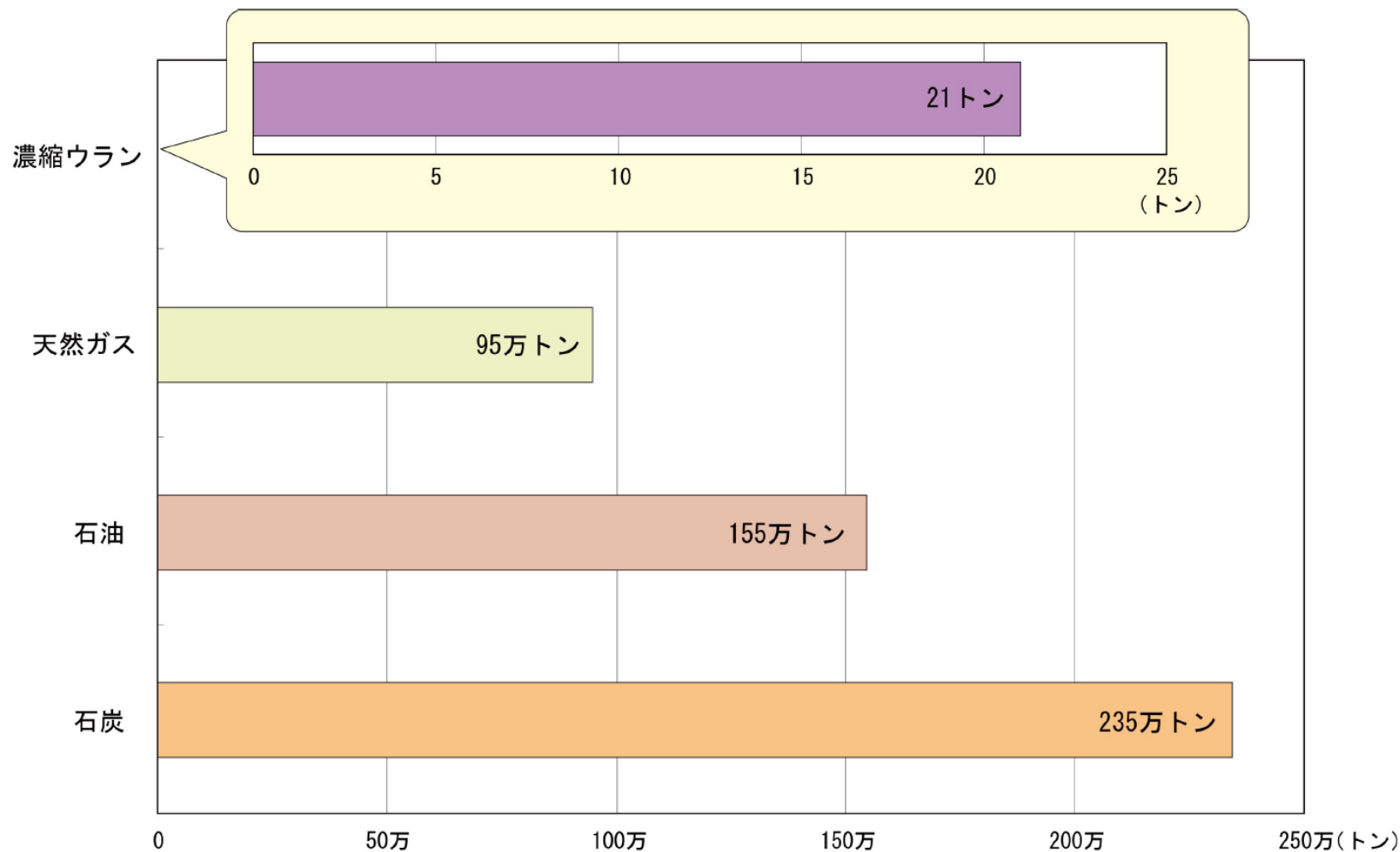
## 放射性ヨウ素、放射性セシウム

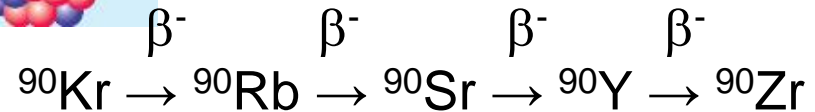
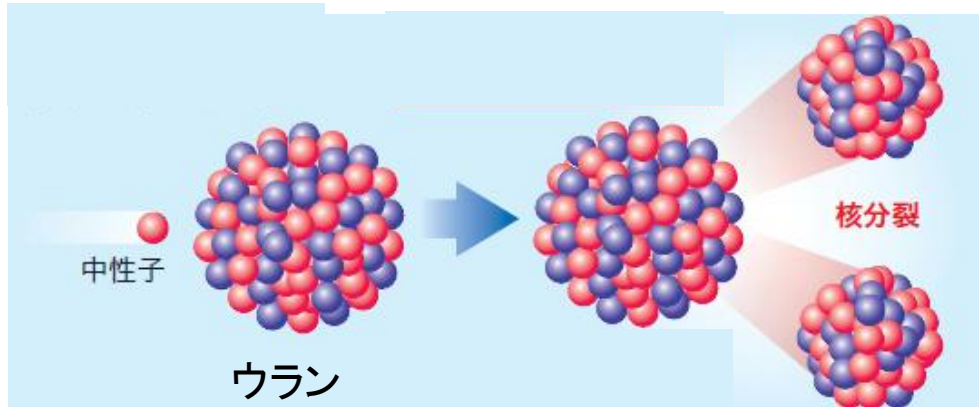
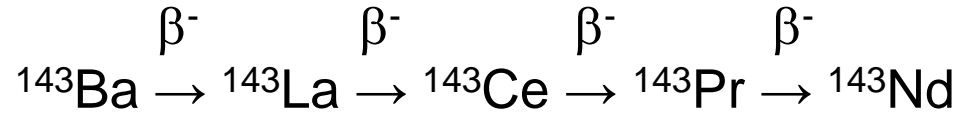
- 核分裂で、できやすい
- 揮発性のため環境(大気中)に放出されやすい
- 半減期が長い
- ヨウ素: 甲状腺に集まりやすい
- セシウム: 骨と脂肪以外の全身にほぼ均等に分布

## 放射性ストロンチウム

- 不揮発性、半減期が長い
- 親骨性元素(骨の主成分: リン酸カルシウム)

100万kWの発電所を1年間運転するために必要な燃料





$\beta^-$  壊変を繰り返して安定な核種になる  
崩壊熱(エネルギー)

核分裂反応が停止しても、核分裂生成物などの崩壊エネルギーが放出される

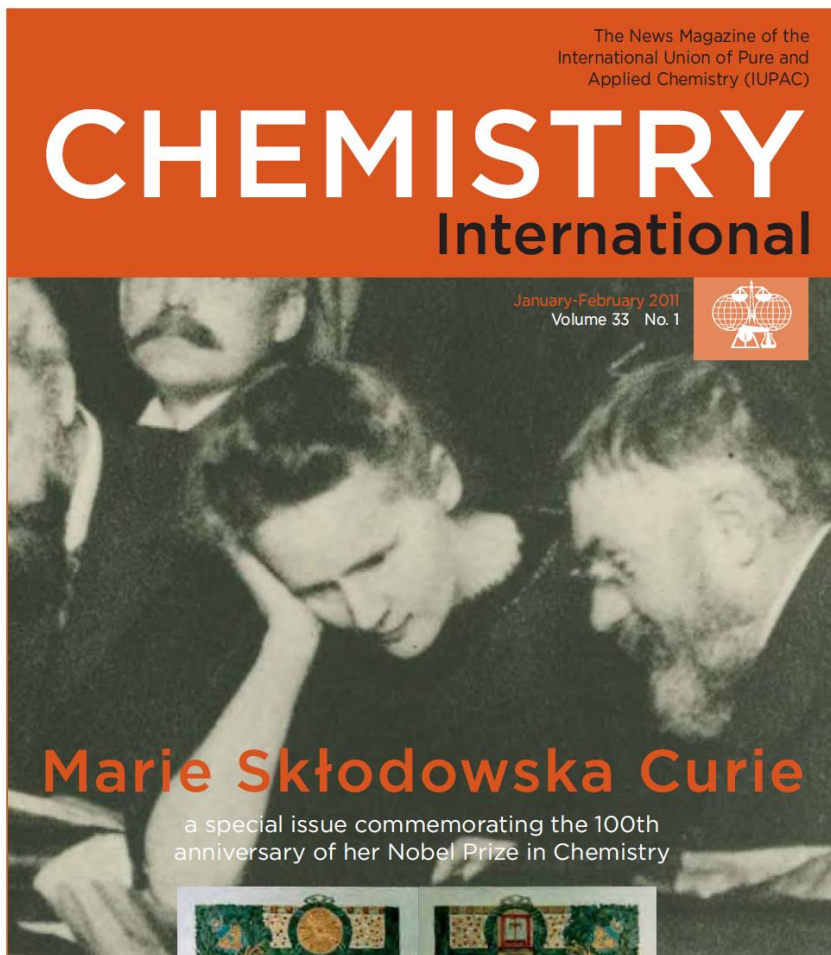


指輪が  
写っている

**図 2** レントゲンがX線で撮影した写真  
(1895年12月22日撮影、  
ミュンヘン、ドイツ博物館)

[出典] エミリオ・セグレ、久保亮五、矢崎裕二（訳）：  
X線からクォークまで、みすず書房（1982年）

- 医療利用
  - X線診断、CT(コンピュータ断層撮影)
  - 核医学診断(放射性同位体)
    - シンチグラフィ、PET(陽電子放出断層撮影)
  - 放射線による治療
- 農業利用と放射線
  - 害虫駆除、殺菌、新品種の開発
  - 植物体内の養分の流れ
- 工業利用
  - 材料の加工、厚さ計、放射線重合、医療器具の殺菌
- 考古学( $^{14}\text{C}$ 年代測定)
- 極微量元素分析 ナポレオンの髪(ヒ素)



1867 ~ 1934