

- α 線、 β 線、 γ 線の正体は？
- 放射能、放射線、放射性物質？
- $^{210}_{82}\text{Pb}$ 鉛の核種

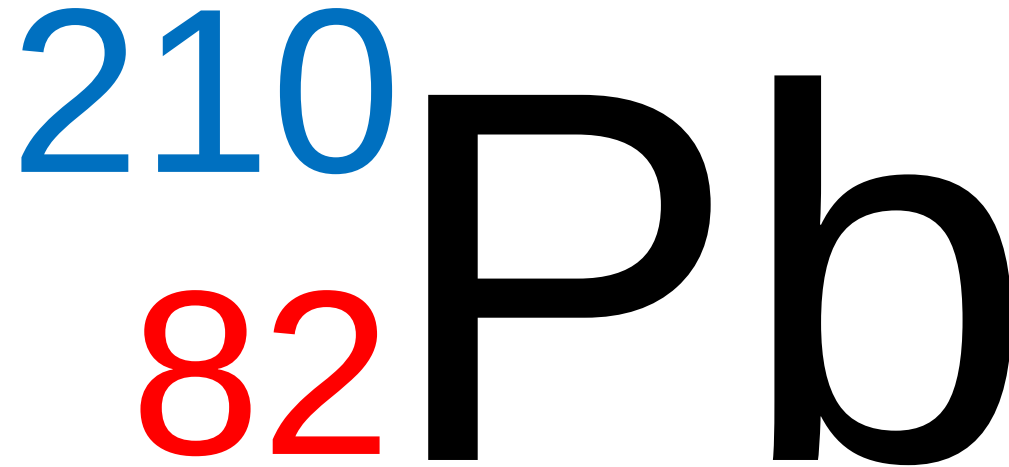
原子番号は？

陽子の数は？

中性子の数は？

同位体とは？

質量数=陽子数+中性子数

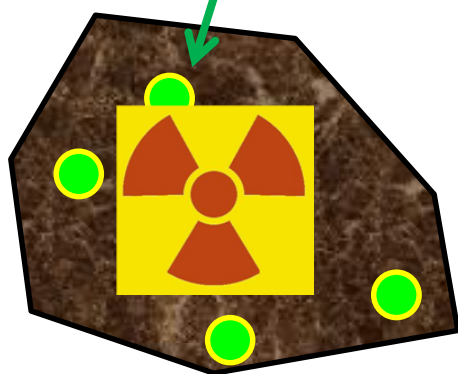


原子番号=陽子数

同位体：原子番号(陽子数)が同じで
質量数(中性子数)が異なる核種

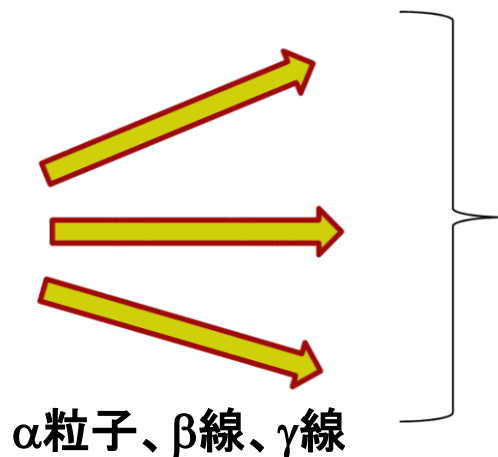
放射能と放射線

放射性核種(同位体)



ウラン鉱石
プルトニウム燃料など

放射性物質



α 粒子、 β 線、 γ 線

放射線

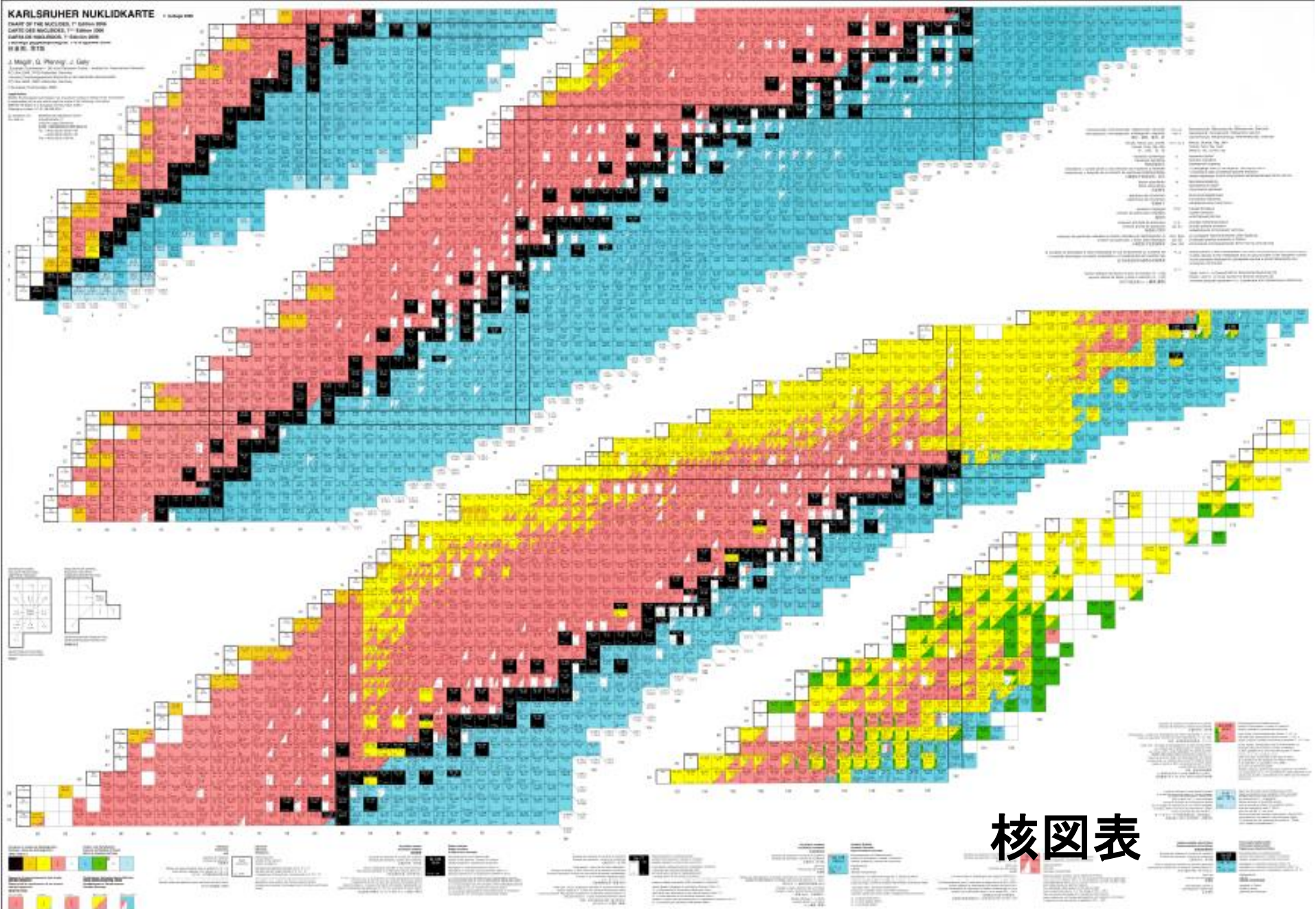
1秒間に放出さ
れる放射線の数
Bq (ベクレル)

370 Bqのラジウムは、
毎秒370 個の原子核が
崩壊して放射線を出す

放射能

元素周期表

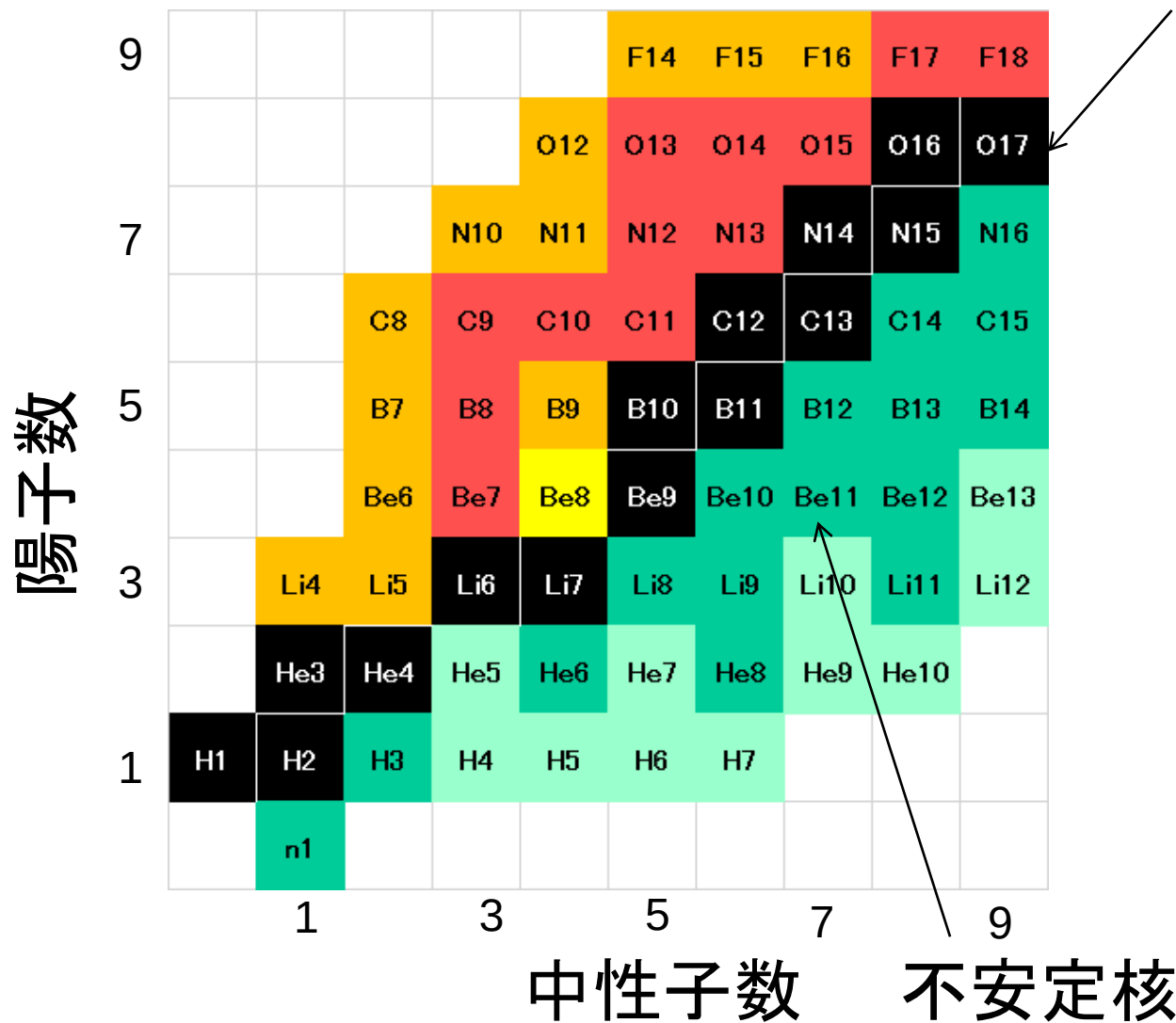
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57~71 La-Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89~103 Ac-Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn						



核図表

核図表

安定核(天然に存在)



search

立体核図表 理研

または <http://www.rarf.riken.go.jp/enjoy/kakuzu/>

核図表

Chart of Nuclides

私たちは
宇宙で生まれた。
宇宙で原子核が
生まれた。
私たちは
原子核でできている。



ここでダウンロードできます



↓ 核図表をダウンロード

B2版



ご覧になるにはAdobe Readerが必要です。

今から 137 億年前、ビッグバンによって私たちの宇宙は生まれました。

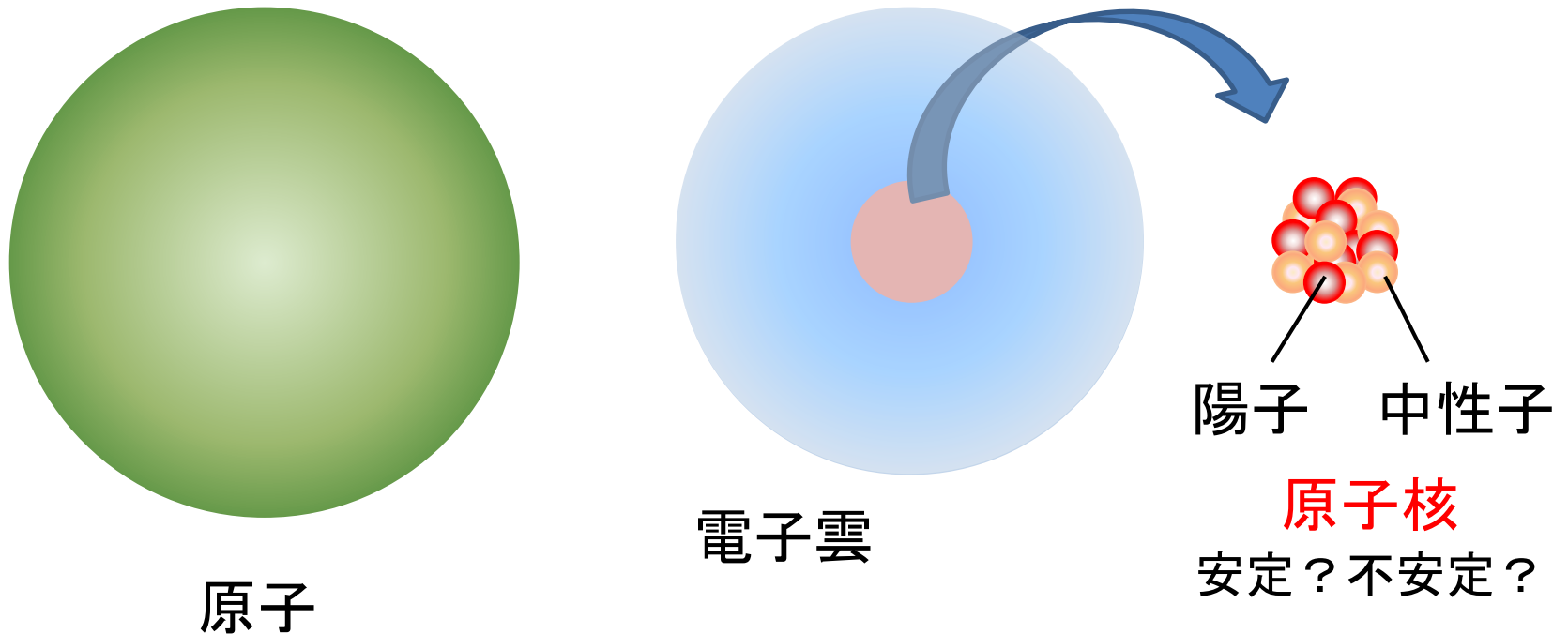
しかし、その時に存在した元素は水素とヘリウムだけでした。それから 3 億年ほど経て星が生まれると、その中で重い元素が創られ始め、星の終焉に起きる超新星爆発では、より重い元素が一気に創られたと考えられています。

私たちの体を含め、宇宙を構成する物質は全てこれらの元素から出来ています。一方、元素の本体は陽子と中性子からなる原子核です。陽子と中性子の微妙なバランスからなる原子核の成り立ちを調べることは、物質の起源を調べることにほかなりません。

ここに示す核図表は全ての原子核を示した地図であり、元素合成と宇宙の歴史も刻まれています。原子核は果たしてどのように生まれたのか、またどのようなものなのか、核図表と一緒に見てみましょう。

この核図表(B2版)は今後イベントなどで随時配布していく予定です。

放射壊変 (α 、 β 、核分裂)



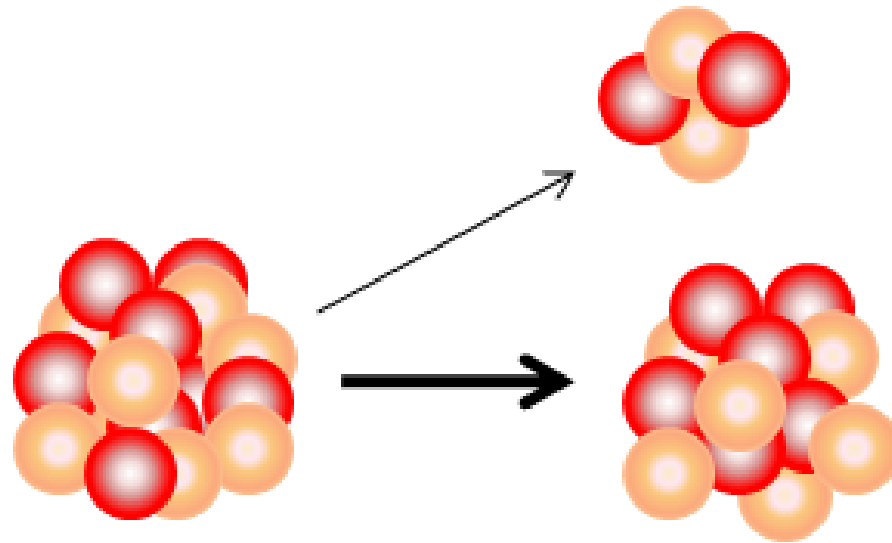
原子核が壊れない(壊れにくい): 安定核種、安定同位体

Cs-133

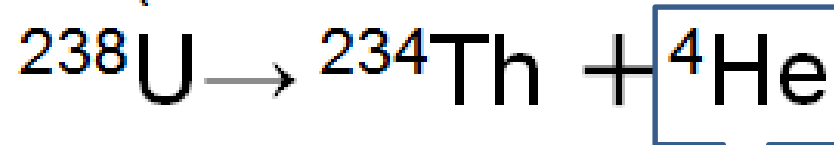
原子核が壊れる(壊れやすい): 放射性核種、放射性同位体

Cs-134, Cs-137

アルファ(α)壊変

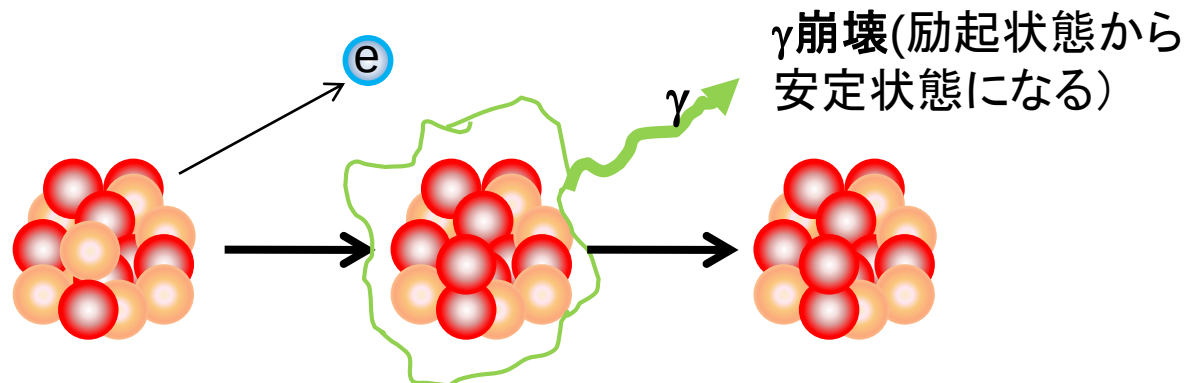


α 崩壊(原子核からHe原子核が放出)



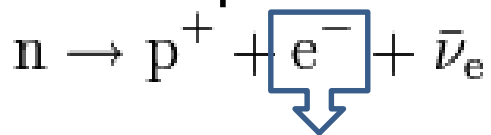
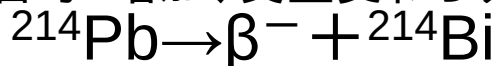
α 粒子の正体

ベータ(β)壊変

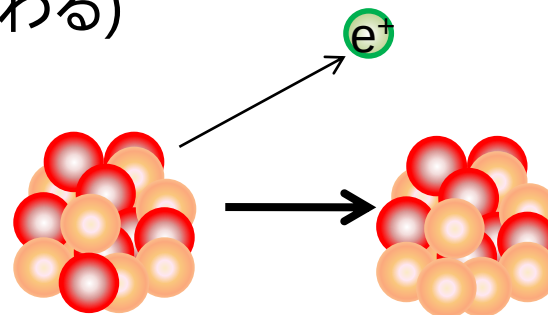


β⁻崩壊(中性子が陽子と電子に変わる)

⇒原子番号1増加、質量変わらず

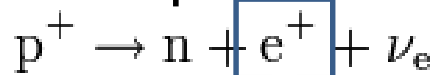
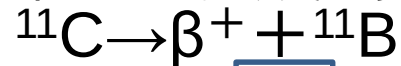


β線の正体



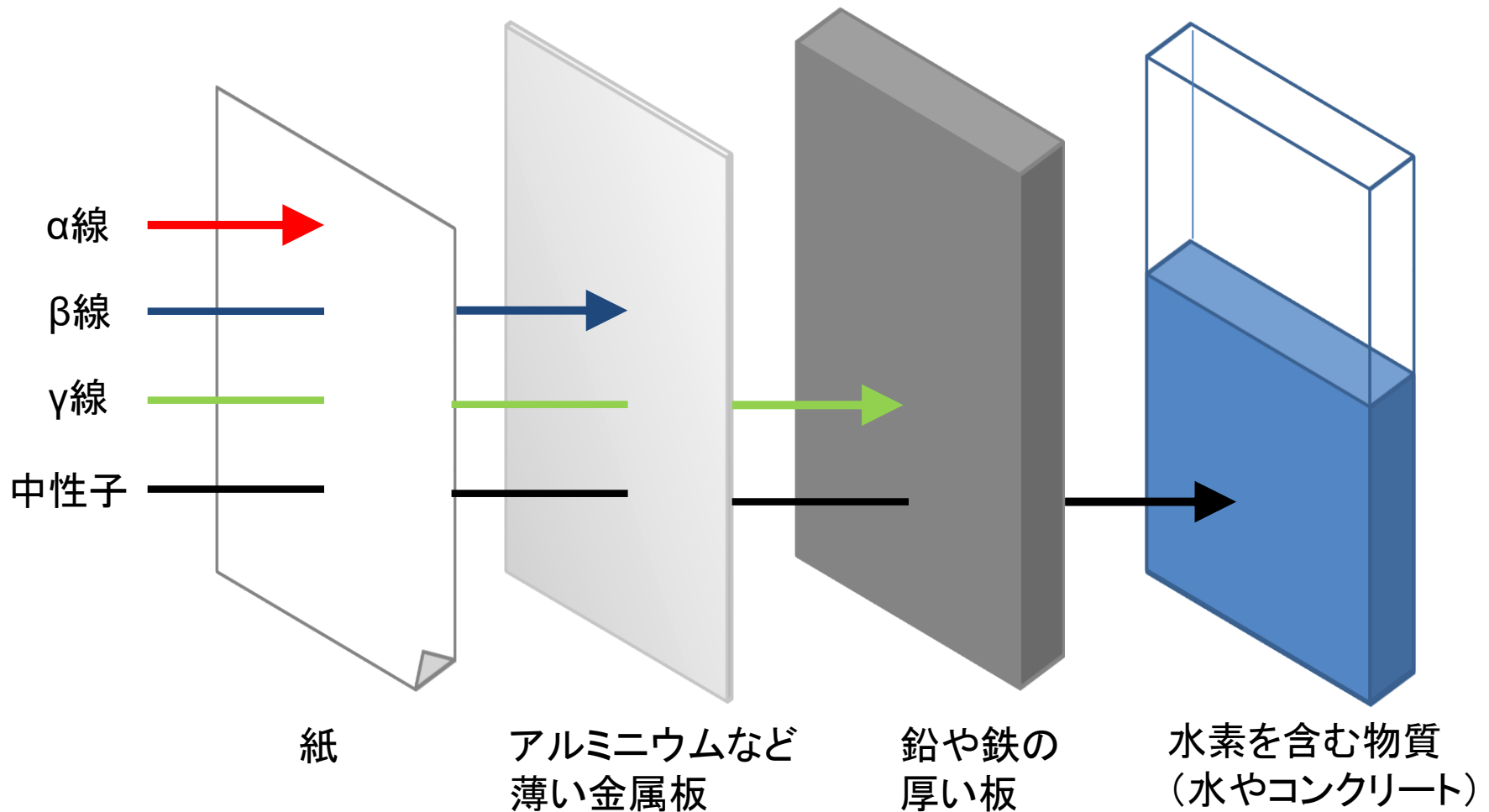
β⁺崩壊(陽子が中性子と陽電子に変わる)

⇒原子番号1減少、質量変わらず

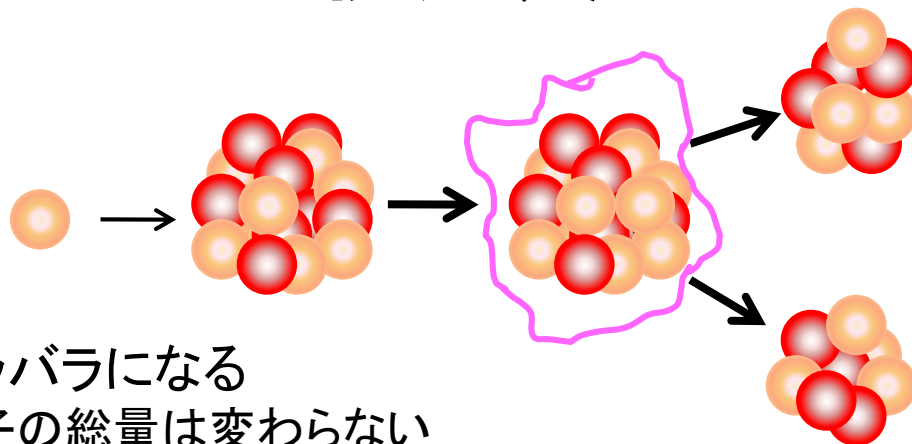


β線の正体

放射線の性質 (透過作用)



核分裂



原子核がバラバラになる
⇒陽子、中性子の総量は変わらない

1.008665



質量:

235.0439

97.9054

135.9072

(原子質量)

(反応前)

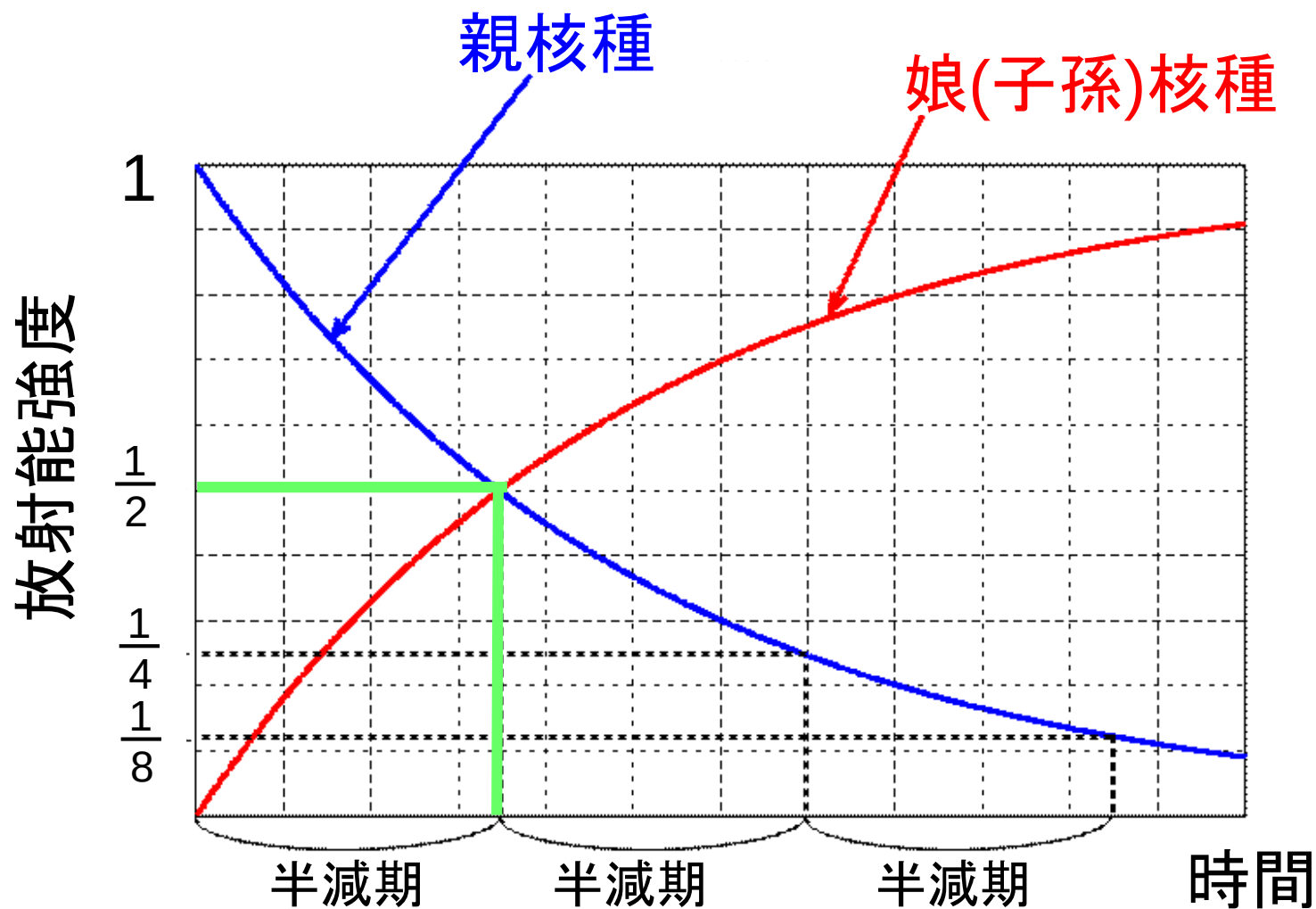
(反応後)

$$Q = 235.0439 + 1.00867 - (97.9054 + 135.9072 + 2 \times 1.00867) \\ = 0.2246 \text{ u} = 209.25 \text{ MeV}$$



質量の差がエネルギーとして発生する

半減期



放射壊変にまつわる式

$$A = \lambda N \quad \lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad A = A_0 e^{-\lambda t}$$

A: 放射能 (Bq)

N: 核種の個数

N_0 : 核種の個数 ($t=0$)

$T_{1/2}$: 半減期 (秒)

λ : 壊変定数

1個の原子核が Δt 時間に壊変する確率を p とする

$$p = \lambda \Delta t$$

λ : 定数(別に λ じゃなくてもOK)

1個の原子核が Δt 時間に生き残る確率を q とすると $p+q=1$ より

$$q(1) = 1 - p = 1 - \lambda \Delta t$$

次の Δt 時間後に生き残る確率

$$q(2) = (1 - \lambda \Delta t)^2$$

▪

▪

▪

$n\Delta t$ 時間後に生き残る確率

$$q(n) = (1 - \lambda \Delta t)^n$$

$$n\Delta t = t \text{ とすると } \Delta t = \frac{t}{n}$$

$$q(n) = \left(1 - \lambda \frac{t}{n}\right)^n$$

$\Delta t \ll 1, n \rightarrow \infty$ の時

$$q(n) = e^{-\lambda t}$$

壊変する確率 p は

$$p = 1 - q = (1 - e^{-\lambda t})$$

$t=0$ の時、 N_0 個の原子があり、それが t 時間に
壊変する個数(期待値) M は

$$M = N_0 p = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

生き残る個数 N は

$$N = N_0 - M = N_0 - N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

微少時間あたりの壊変率は t で微分する

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} = -\lambda N$$

放射能(時間の単位 s)は

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

このとき λ は壊変定数という

半減期 $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2}$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ より } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda T_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

両辺自然対数を取り、まとめると

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

放射壊変

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

N : 現在の原子核の個数

N_0 : 初期の原子核の個数

t : 経過時間 ($N \rightarrow N_0$ になるまでの)

λ : 壊変定数 $\ln(2)/T_{1/2}$

両辺に λ をかけると

$$N\lambda = N_0\lambda e^{-\lambda t}$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

A (Bq): 現在の放射能
(1秒間に原子核が壊変し出てくる放射線の数)

A_0 (Bq): 初期の放射能

練習問題

1. ある土壌中 ^{238}U 濃度は1 ppm(1 $\mu\text{g/g}$)である。
これは何Bq/kgに値するか。

^{238}U の半減期は44.68億年とする。

2. つくば市の土壌中 ^{137}Cs は300 Bq/kgである。
これは何ppmに値するか。

^{137}Cs の半減期は30.2年とする。

