

原子、原子核、放射性物質、放射線について知っておいたほうがいいこと

田崎晴明

公開：2012年1月13日、最終更新日：2012年1月14日

これ（って、次ページ以降のこと）は、ぼくの web 上の解説「放射線と原子力発電所事故についてのできるだけ短くてわかりやすく正確な解説」（URL は、<http://www.gakushuin.ac.jp/~881791/housha/> だが、Google で「放射線と原子力発電所事故」と検索すれば上位にでる）の付録のプレゼンテーションスライドである。ぼくが講演に用いたもの（の一部）に手を加えて（もともとは Keynote の（←ぼくは「パワーなんとか」は使ったことない！）プレゼンテーションファイルだが）pdf 化したものを公開する。

こういったスライドというのは、あくまで、口頭での詳しい説明や身振り手振りと合わせて、プレゼンテーションに使うためのものであることを忘れないでほしい。スライドだけを読んで内容を正確に理解するのは（もともと分かっていない限り）不可能だ。スライドは、ごく大ざっぱな話を知るため、あるいは、既に内容を理解している人が他人に説明する際の補助手段として利用すべきだと思う（近年、スライドを公開することが「情報発信」になると思っている人が多いようだが、これは文化全体にとってきわめて危険な兆候だとぼくは考えている（みんな馬鹿になる！ ある意味でテレビより質（たち）が悪い））。

このスライドに対応する内容のほとんどは、ぼくの解説「原子・原子核・放射線」などで詳しく取り上げてある。正確に理解するためにはそちらをご覧ください（上記解説の目次ページをご覧ください。ほかにも色々あります）。特に、このスライドで他人に説明する人は（もともと知識を持っているのでなければ）必ずもとの解説を熟読して理解してほしい。

このスライドは田崎晴明の著作物だが、プレゼンテーションや勉強会などで自由に利用していただいてかまわない。また、内容の全部、一部を別のプレゼンテーション、資料、著作等で再利用するのも自由である。ただし、クレジットを明記している写真等については再利用の際にもクレジットをそのまま残さなくてはいけない。なお、いつでもスライドの最新版を配布したいので、ファイルの再配布は禁止する。必要な場合は、以下の URL を参照していただきたい。そこに、いつでも最新版を置くようにする。

<http://www.gakushuin.ac.jp/~881791/housha/slides/basics.pdf>

原子、原子核

放射性物質、放射線

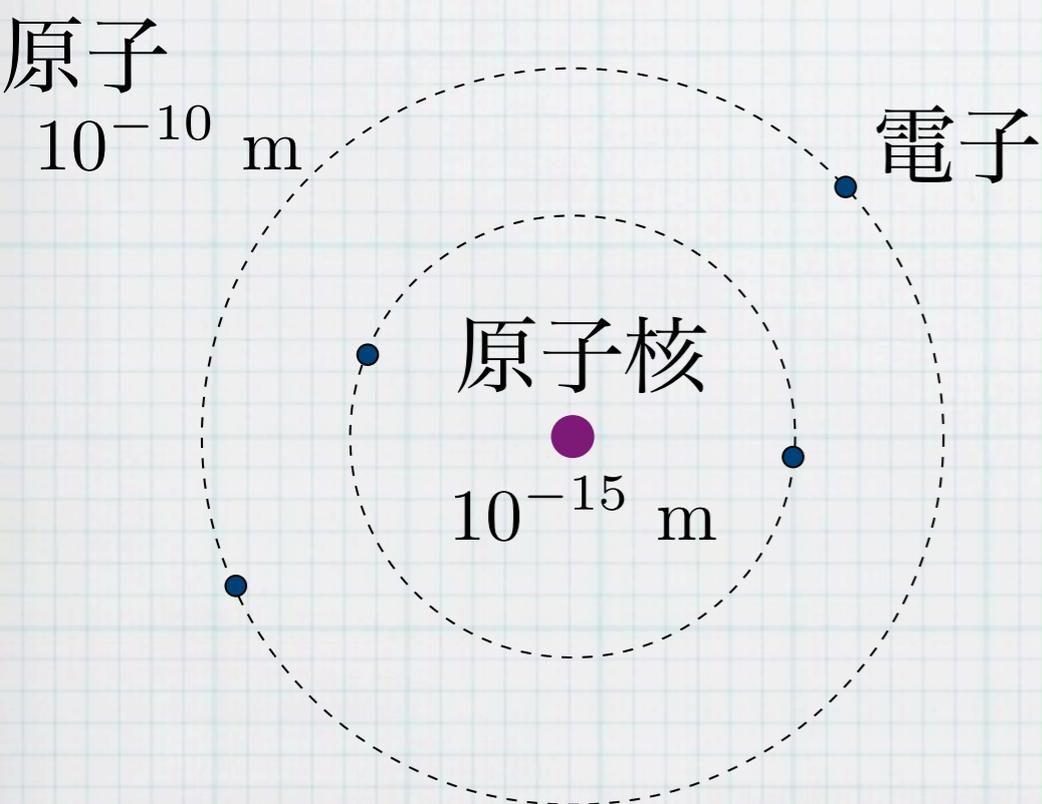
について知っておい

たほうがいいこと

原子とその「中身」

全ての物質は小さな (10^{-10} m 程度) 原子からできている (19 世紀から 20 世紀に確立)

原子は中心の原子核 (10^{-15} m 程度) とその周囲の電子からできている



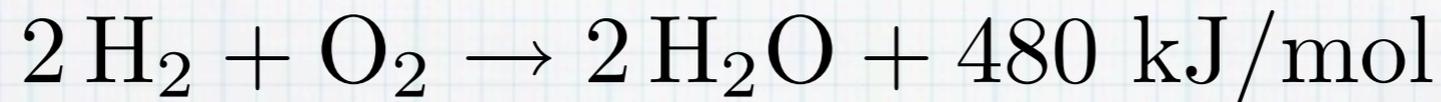
原子核：重く (原子より) 小さく、正の電荷をもつ

電子：軽く、大きさをもたず 負の電荷をもつ

原子と化学反応

化学結合や化学反応は電子の組み替え
原子核は少しも変化しない

化学結合におけるエネルギー (例)



酸素1モルあたりのエネルギー

1回の反応での

O エネルギー $\frac{480 \times 10^3 \text{ J}}{6.02 \times 10^{23}} \simeq 8.0 \times 10^{-19} \text{ J} \simeq 5.0 \text{ eV}$

$1 \text{ eV} \simeq 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$



H アヴォガドロ定数

化学反応でのエネルギーは eV 程度

エネルギーの単位

1 J (ジュール)

約 1 m の高さから落とした 100 g の物体がもつ運動エネルギー



日常世界で便利なエネルギーの単位

1 eV (エレクトロンボルト、電子ボルト)

1 V の電圧で加速された電子がもつ運動エネルギー

ミクロな世界で便利なエネルギーの単位

$$1 \text{ eV} \simeq 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

原子、分子の関わる現象

原子や分子の結びつき、電子の組み替えだけで、われわれの身の回りのほとんどの現象が生じている

原子核はびくともしない



A thermite reaction using iron(III) by Nikthestoned

原子核の構造

原子核にも構造がある！

原子核は陽子（ Z 個）と中性子（ $A - Z$ 個）が強い核力で結びつけられてできている

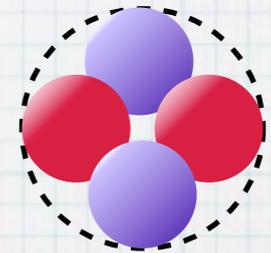
中性子：電荷はなし

中性子 ●

${}^4_2\text{He}$ 原子核

陽子：電荷は正

陽子 ●



中性子と陽子の質量はほぼ等しい

Z 原子番号（電子の個数と同じ）

A 質量数（陽子と中性子の総数）

質量数 → ${}^{137}_{55}\text{Cs}$
原子番号 →

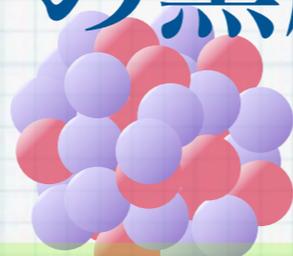
原子核の種類を表わし方

← 元素記号 セシウム 137

安定な原子核・不安定な原子核

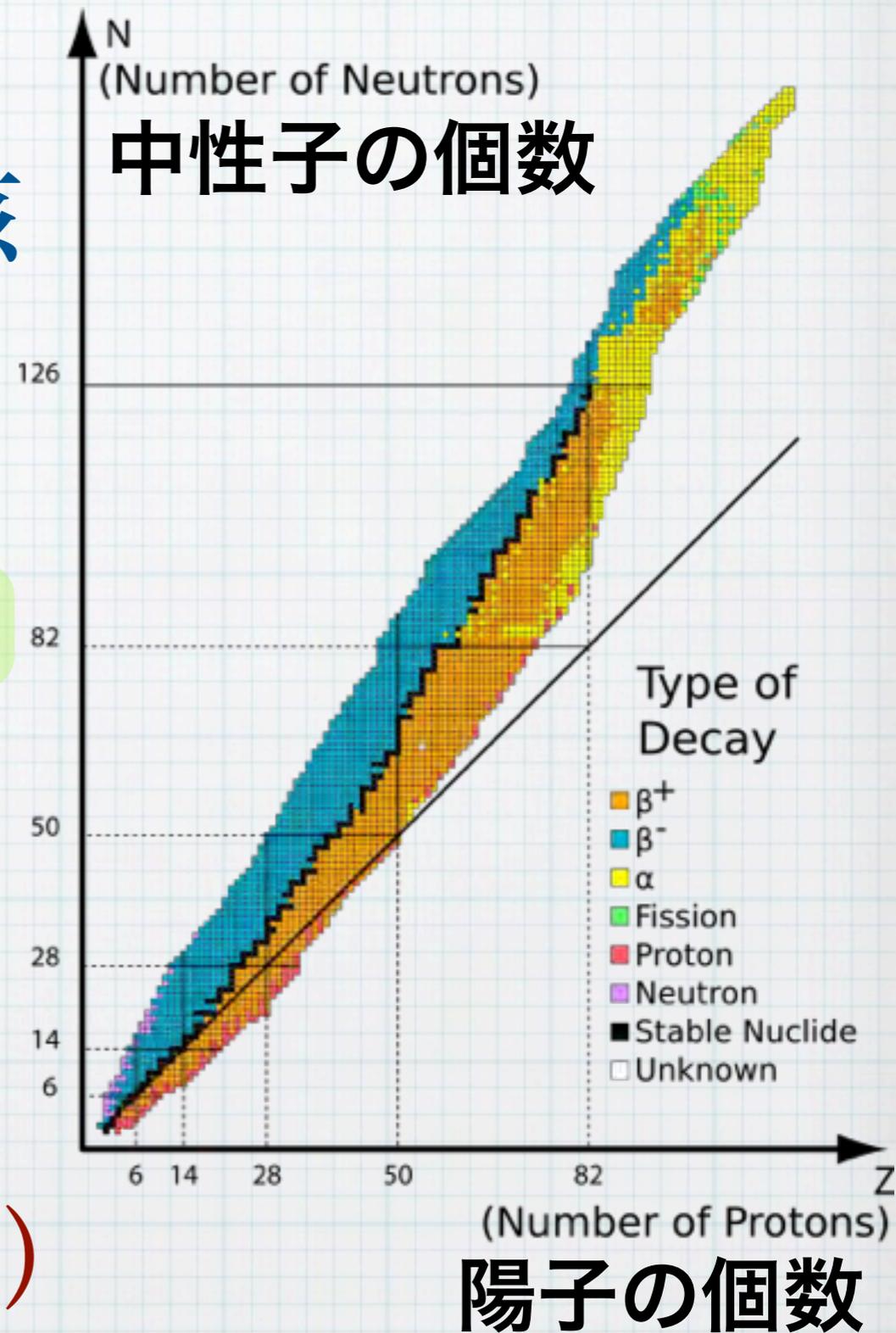
陽子と中性子の個数がちょうどよくバランスすると原子核は**安定**（右のグラフの黒線）

安定な原子核



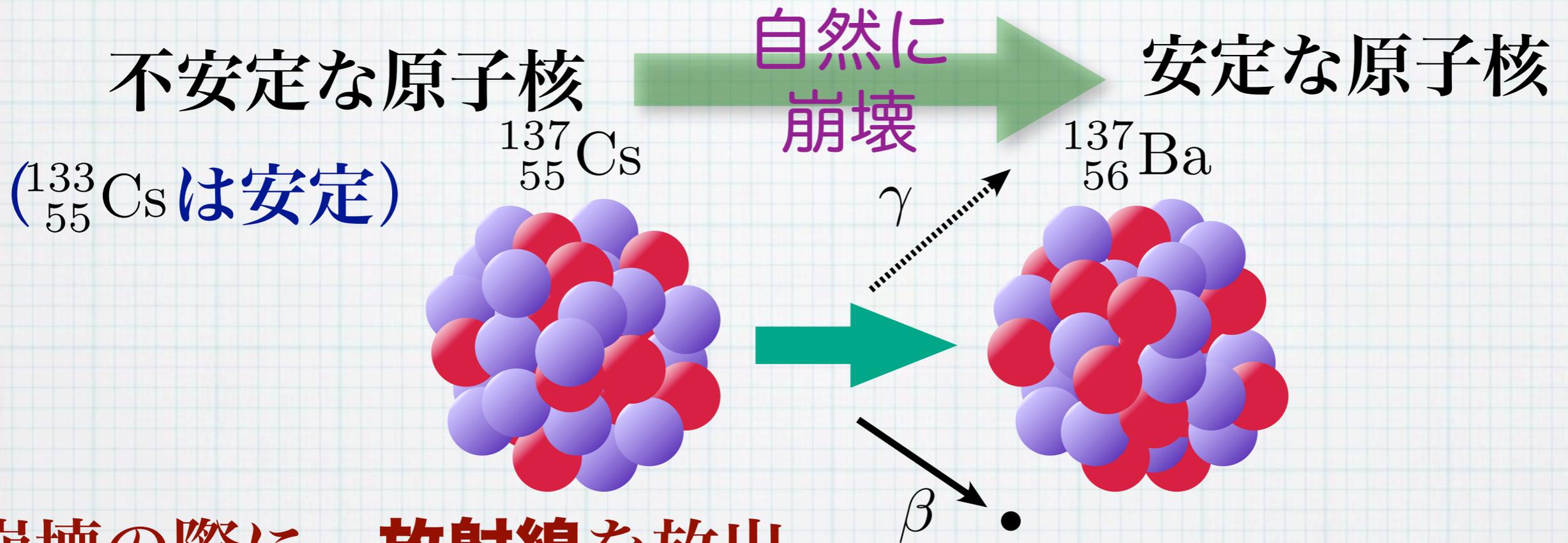
小さい原子核では中性子と陽子の個数が等しく、大きな原子核では中性子が多くなる

陽子と中性子の個数が（バランスしたところから）ずれた原子核は**不安定**



原子核の崩壊

びくともしなかった原子核も変化する！！



崩壊の際に、放射線を放出

電子（ベータ線）約 0.2 MeV

光子（ガンマ線）約 0.6 MeV

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$$

原子核反応に伴うエネルギーは MeV 程度
化学反応に比べると桁違いに大きい！！

放射性物質

不安定な原子核 ($^{137}_{55}\text{Cs}$, $^{131}_{53}\text{I}$ など) を含む物質

不安定な原子核は一定の割合で崩壊し、最終的には安定な (非放射性的の) 原子核に

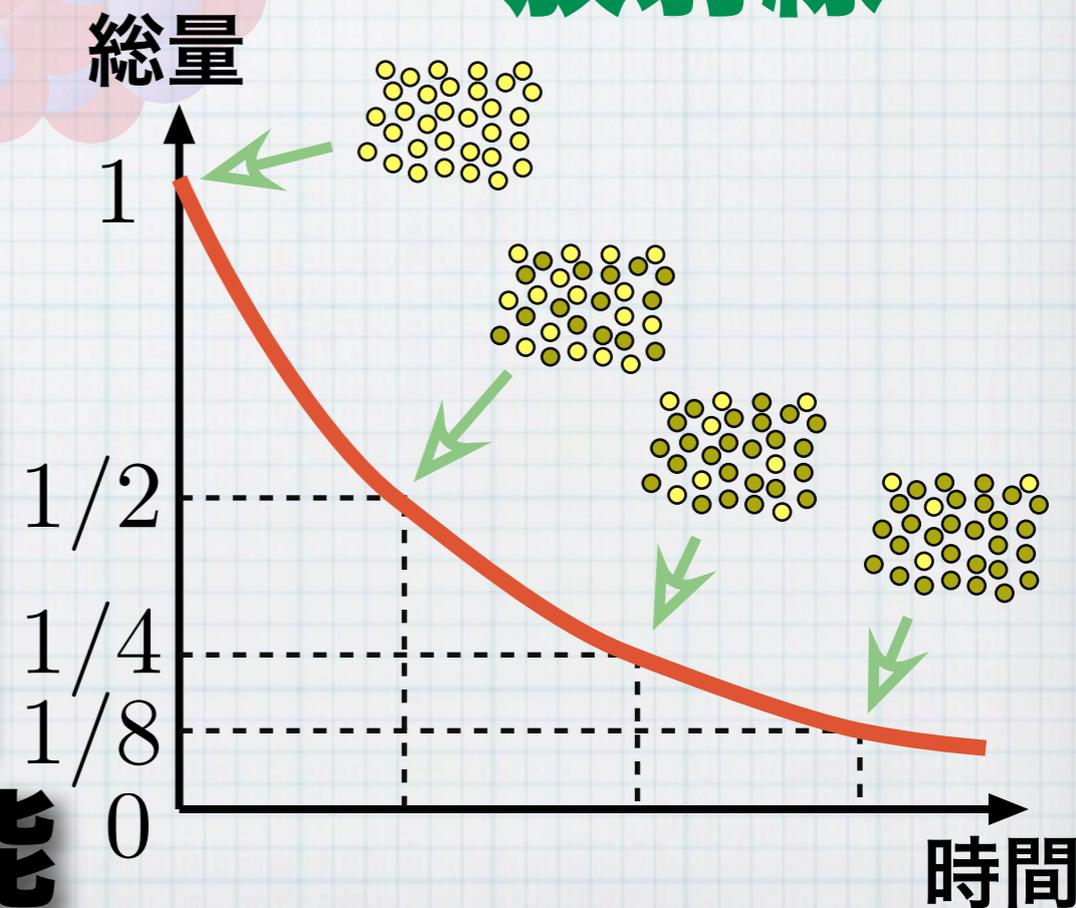
崩壊の際に高エネルギーの粒子が飛び出す

放射線

放射性物質の量は「半減期」が過ぎるごとに、ほぼ半分に減る

ヨウ素 131	約 8 日
セシウム 134	約 2 年
セシウム 137	約 30 年

人工的に分解するのは不可能



放射線

原子核が変化する際に放出される高エネルギーの粒子の流れ

放射線の種類	粒子	遮蔽	空気中の飛距離
アルファ線	He 原子核	紙一枚	数 cm
ベータ線	電子	アルミ板	数十 cm
ガンマ線	光子	厚い鉛	数十 m

粒子のエネルギーは MeV 程度

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} \simeq 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

日常スケールから見れば小さなエネルギーだが、一個の粒子のエネルギーとしては巨大

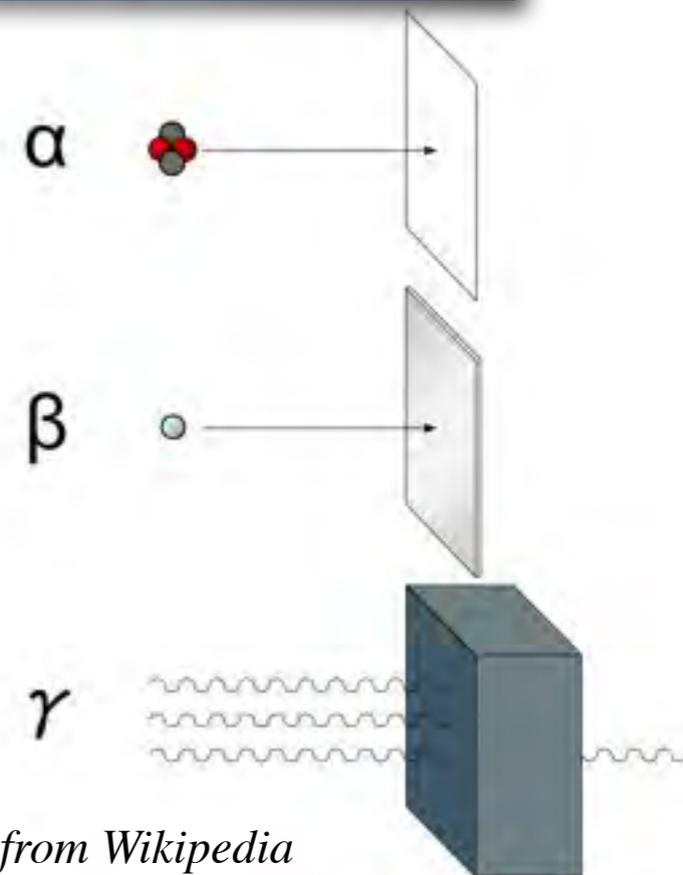


Figure by Tosaka, from Wikipedia

放射線と被ばく

被ばく（被曝） 人が放射線を浴びること

外部被ばく 外にある放射性物質から出る放射線を浴びる

内部被ばく 体内に入った放射性物質から出る放射線を浴びる

放射性物質も放射線も自然界にある

人は太古から放射線を被ばくしてきた

が、福島で事故で被ばくが増えたのは事実

被ばくが多すぎると健康に影響がありうる

放射性物質に「常識」は通用しない

生命活動の基盤は化学反応

人類は太古から化学反応を利用し、
「てなづけて」きた

われわれの「常識」は化学反応
から学んだ！

原子核反応に伴うエネルギーは化学反応のエネルギーとは桁が違う（百万倍、千万倍）

放射性物質の崩壊を人工的に制御するのは、
ほぼ不可能（冷やしても、暖めても、薬品をかけても、微生物を使っても、ダメ）

放射線に「常識」は通用しない

放射線を1シーベルト短時間に被ばくすると、人は体調不良になり嘔吐する

しかし、放射線からのエネルギーの総量はとても小さい！



1 Sv (体重 1 kg あたり 1 J)

10 cm の高さから飛び降りた際のエネルギー

放射線を構成する個々の粒子はきわめて高いエネルギーを持っており、細胞内の生体分子(特に DNA) を鋭く傷つける

エネルギーの総量で害を考えることはできない