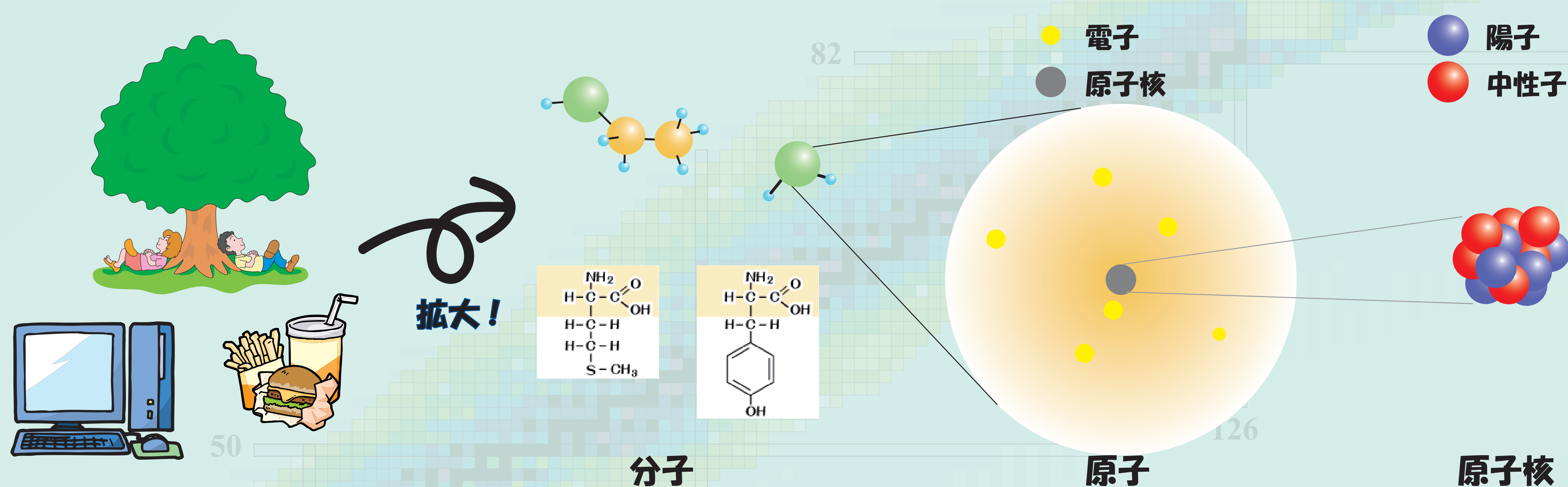


光で探るフェムトワールド

原子核は、1000 兆分の 1 メートル（1 フェムトメートル）という超ミクロな世界に、陽子と中性子が集まって出来ています。私たちの研究グループは、特に天然には存在しない原子核（不安定核）に見られる不思議な性質の研究を通じて、有限量子多体系における物理現象の解明を行っています。

超ミクロな原子核の世界

世の中の物質は、すべて分子・原子から構成されています。そして、原子は正の電荷を持った**原子核**の周りに負の電荷を持った電子が回っている、という構造をしています。原子核は数フェムトメートルというとても小さな空間に、正の電荷を持った**陽子**と電荷を持たない**中性子**が集まって出来ています。この陽子と中性子の数の組み合わせによって原子核の種類が決まります。原子核は全部で 6000 種類ほどあると考えられていますが、現在見つかっているのは 3000 種類程度です。

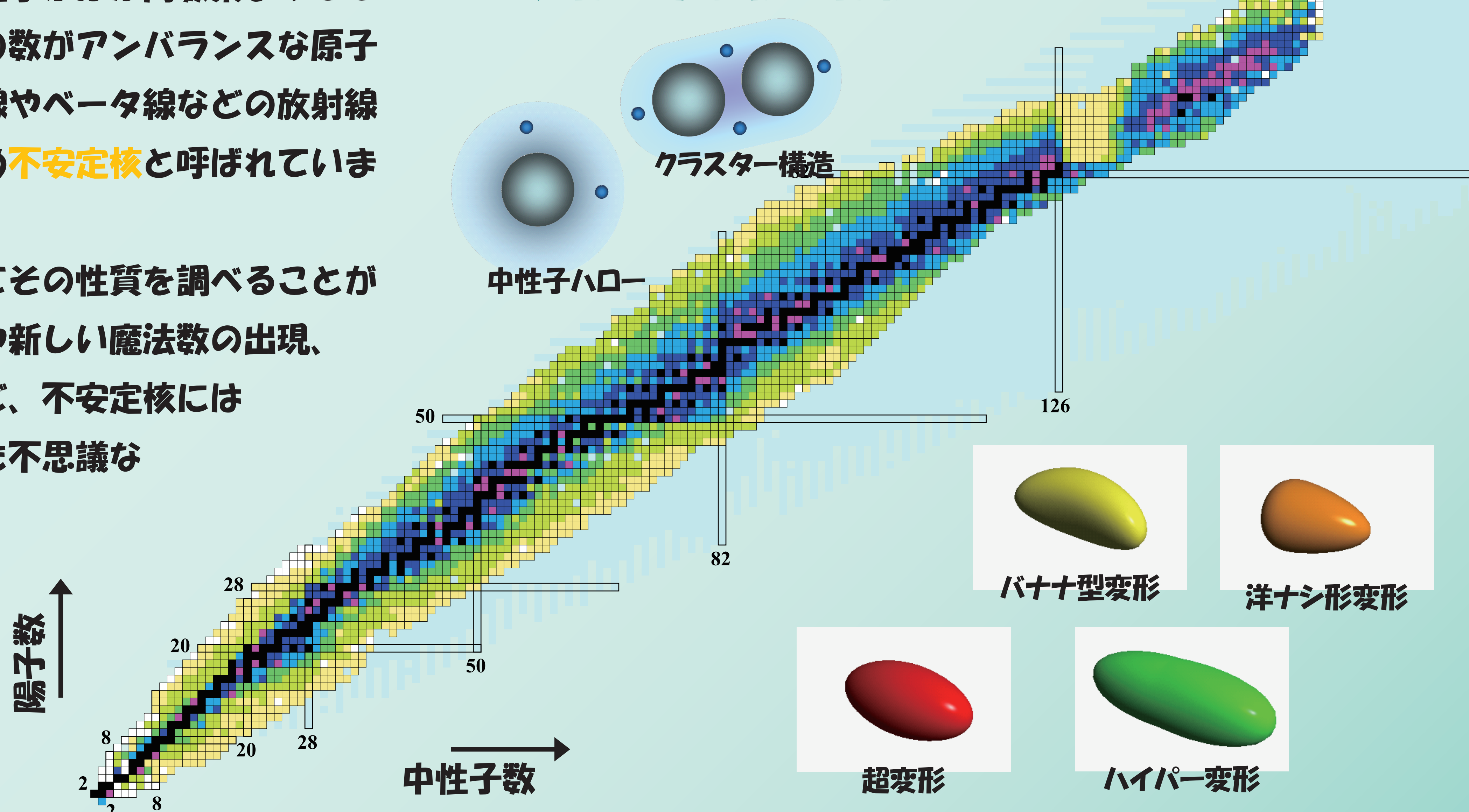


安定核と不安定核

天然に存在する原子核（**安定核**）はおよそ 250 種類程度で、これらは陽子と中性子がほぼ同数集まってできています。陽子と中性子の数がアンバランスな原子核は、短い時間でアルファ線やベータ線などの放射線を出して崩壊してしまうため**不安定核**と呼ばれています。

近年、不安定核を生成してその性質を調べることが可能になり、**魔法数**の消滅や新しい魔法数の出現、**中性子ハロー現象**の発見など、不安定核には安定核では考えられなかった不思議な性質があることがわかってきています。

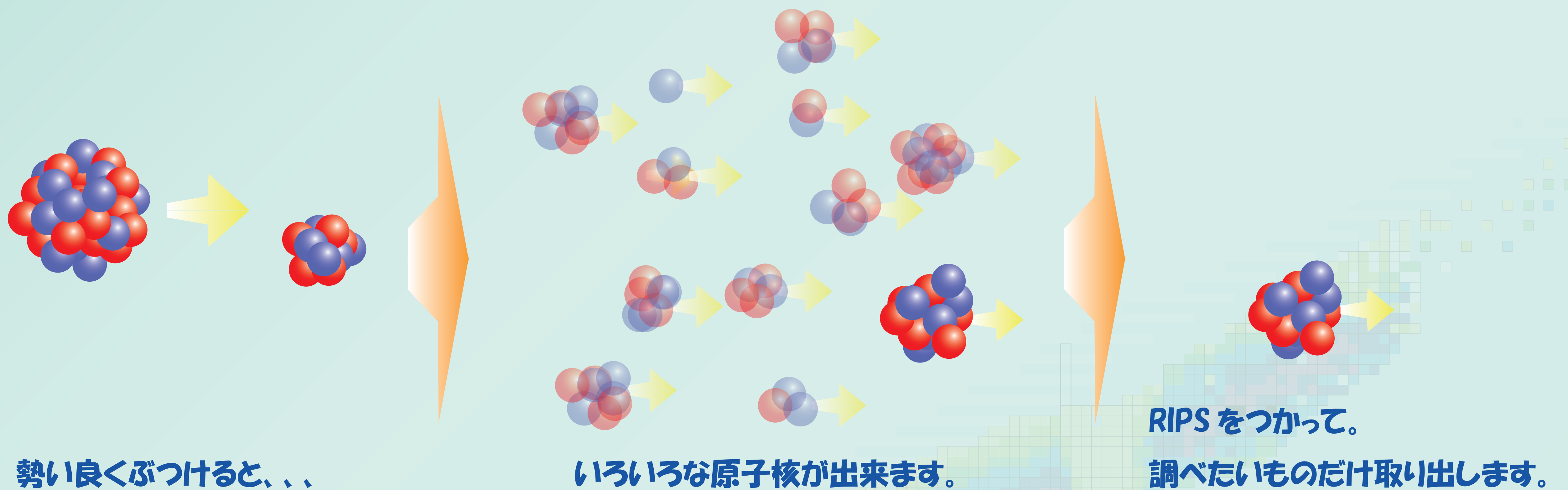
多様な原子核の様相



不安定核の作り方

理化学研究所の不安定核生成分離装置 RIPS という装置を使って、不安定核を作ります。

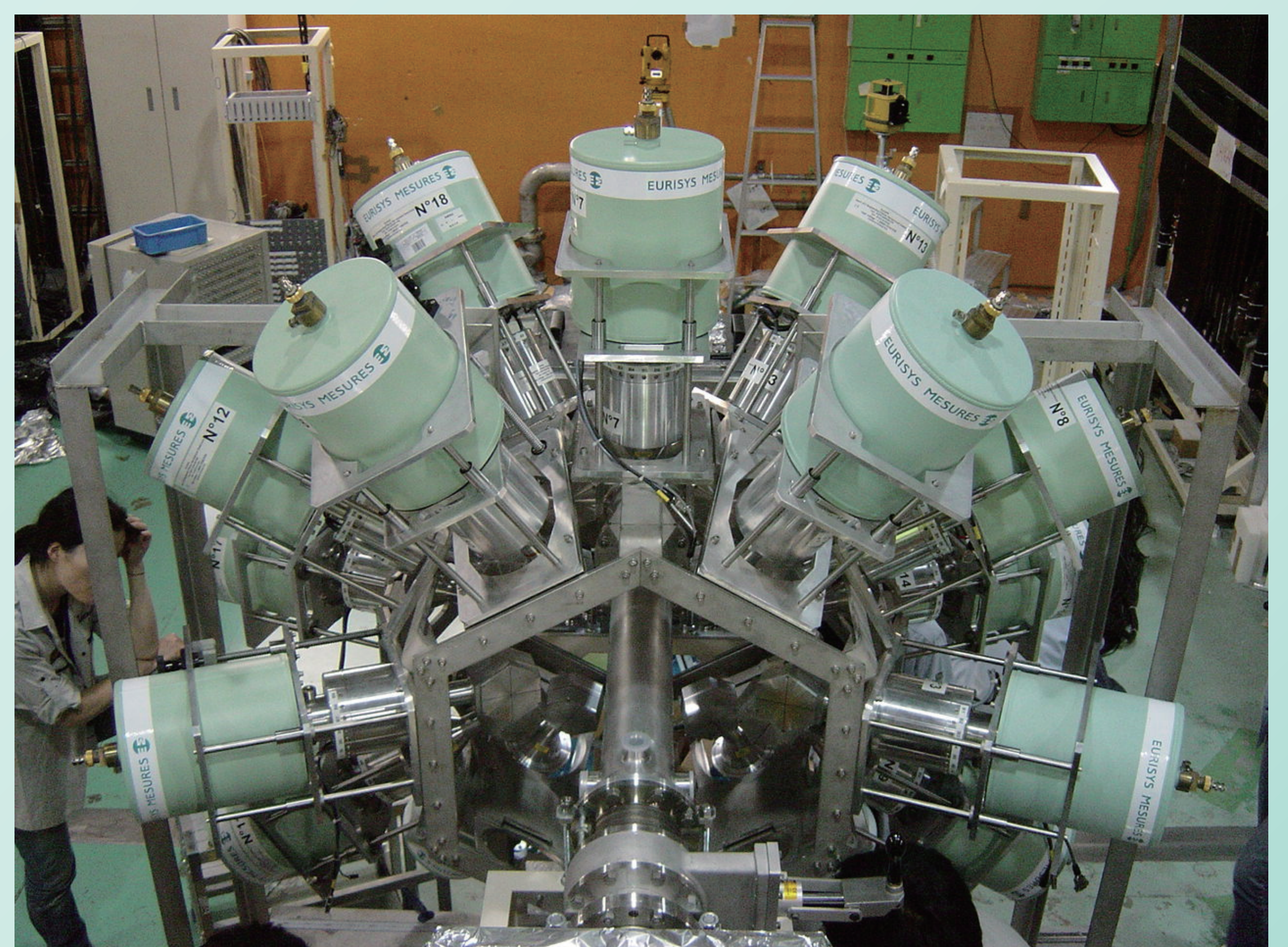
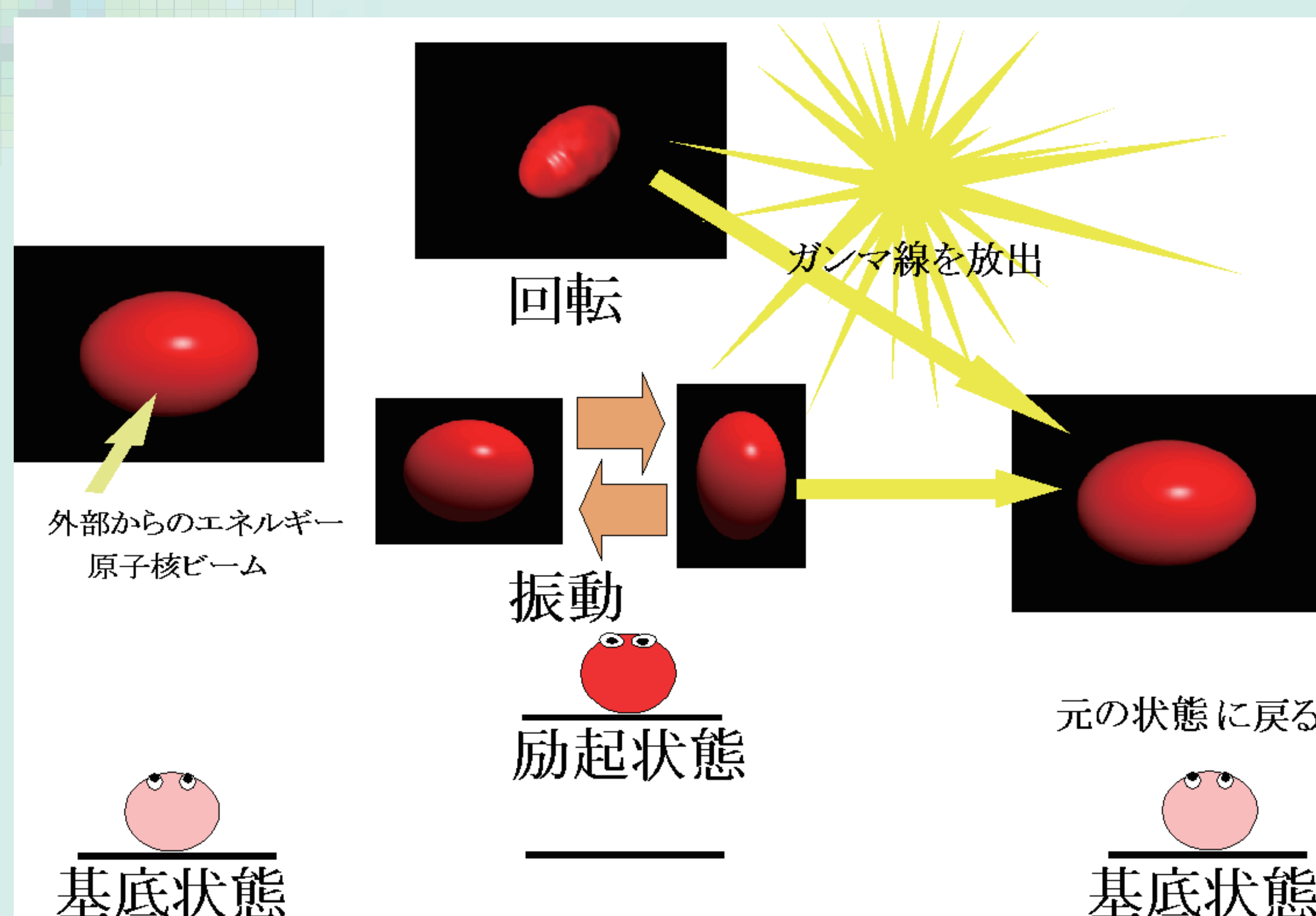
まず、加速器を使って、原子核を光速のおよそ 30% まで加速し標的にぶつけます。ぶつけられた原子核はばらばらになり、その中には天然には存在しない不安定核も含まれています。これを磁石を使って分離し、調べたい不安定核をビームとして取り出すことができます。



ガンマ線をみて原子核の構造を調べます

原子核はとても小さいので目で見えることはできません。でも、原子核同士をぶつけると光を出します。原子核が出す光のことをガンマ線と呼んでいて、このガンマ線の飛んできた方向やエネルギー、強さ、時間などを測れば、原子核の形や大きさ、やわらかさ、寿命などの核構造を知ることができます。

ガンマ線は、NaI (Tl) や BaF の結晶を使った無機シンチレーターや、ゲルマニウム結晶を使った半導体検出器などの装置を使って測定します。私たちは、GRAPE (Gamma-Ray detector Array with Position and Energy sensitivity) というゲルマニウム半導体検出器を使った測定装置を開発し、ガンマ線の測定を行っています。この装置を使うと、非常に高い精度でガンマ線のエネルギーや位置を測定することができます。



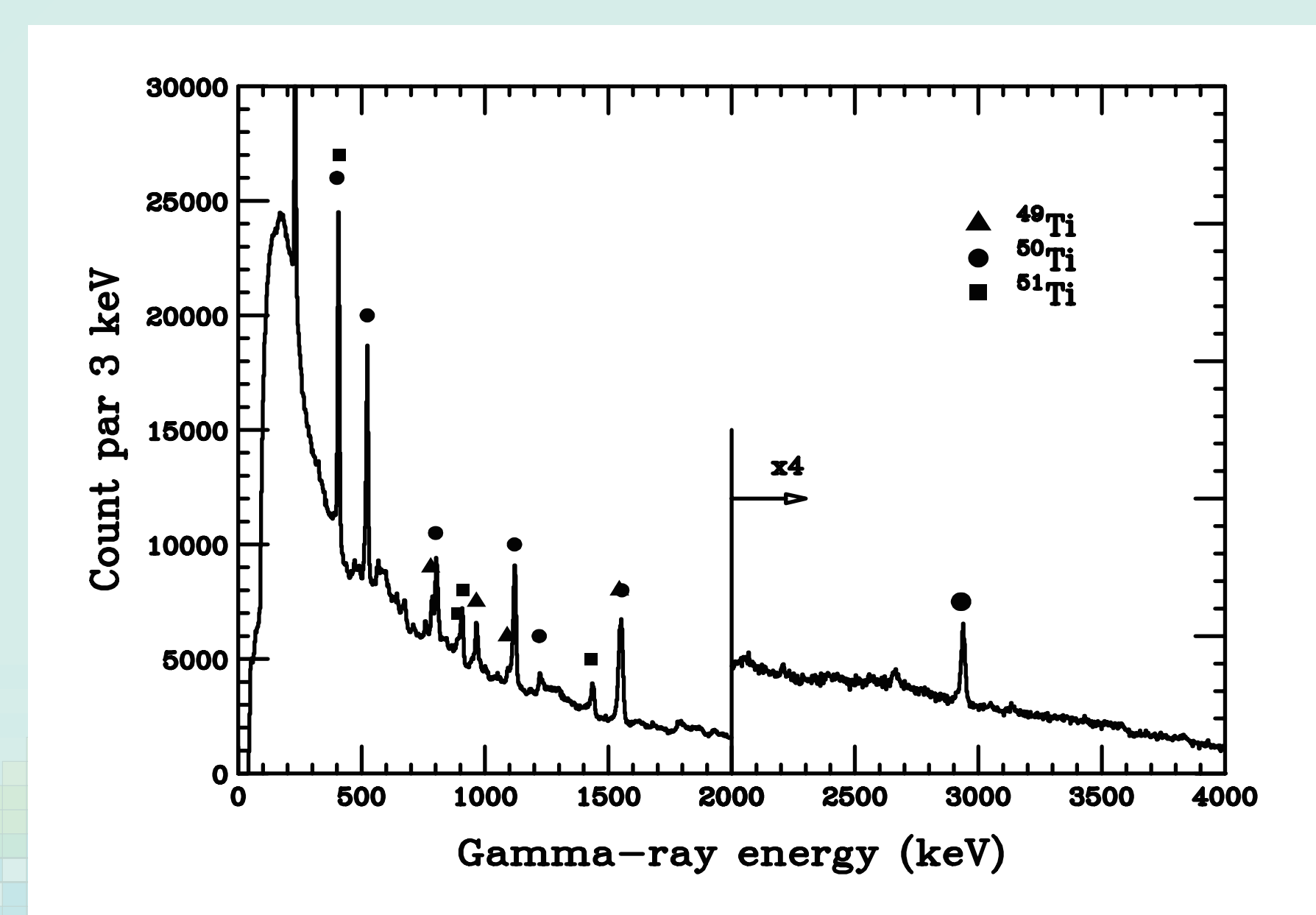
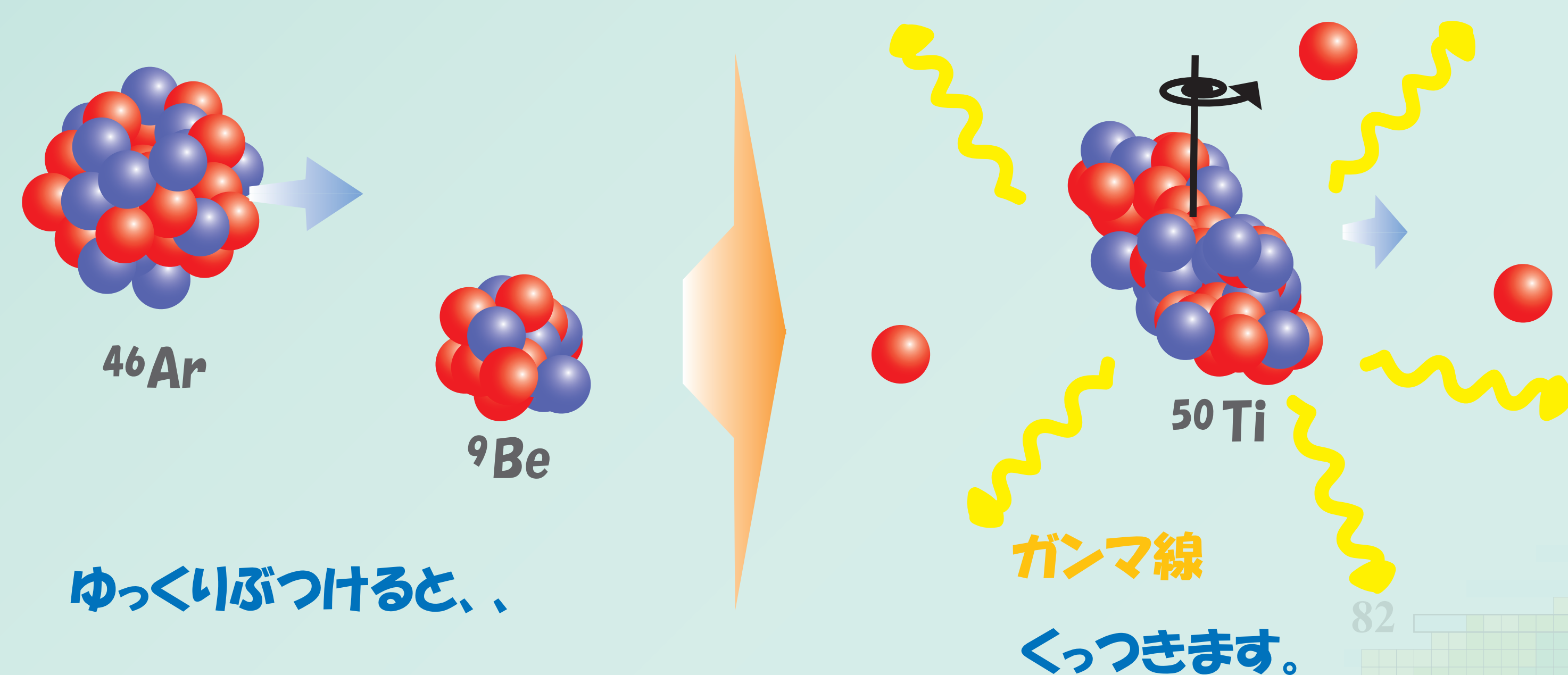
ガンマ線検出器アレイ GRAPE

いろいろな核反応

調べたい原子核の性質によって、原子核のぶつけ方も様々です。そっとくっつけてみたり、思いっきりぶつけてみたりで、出来る原子核の性質も違い、また、光の出方も変わってきます。そのような核反応の一部を紹介します。

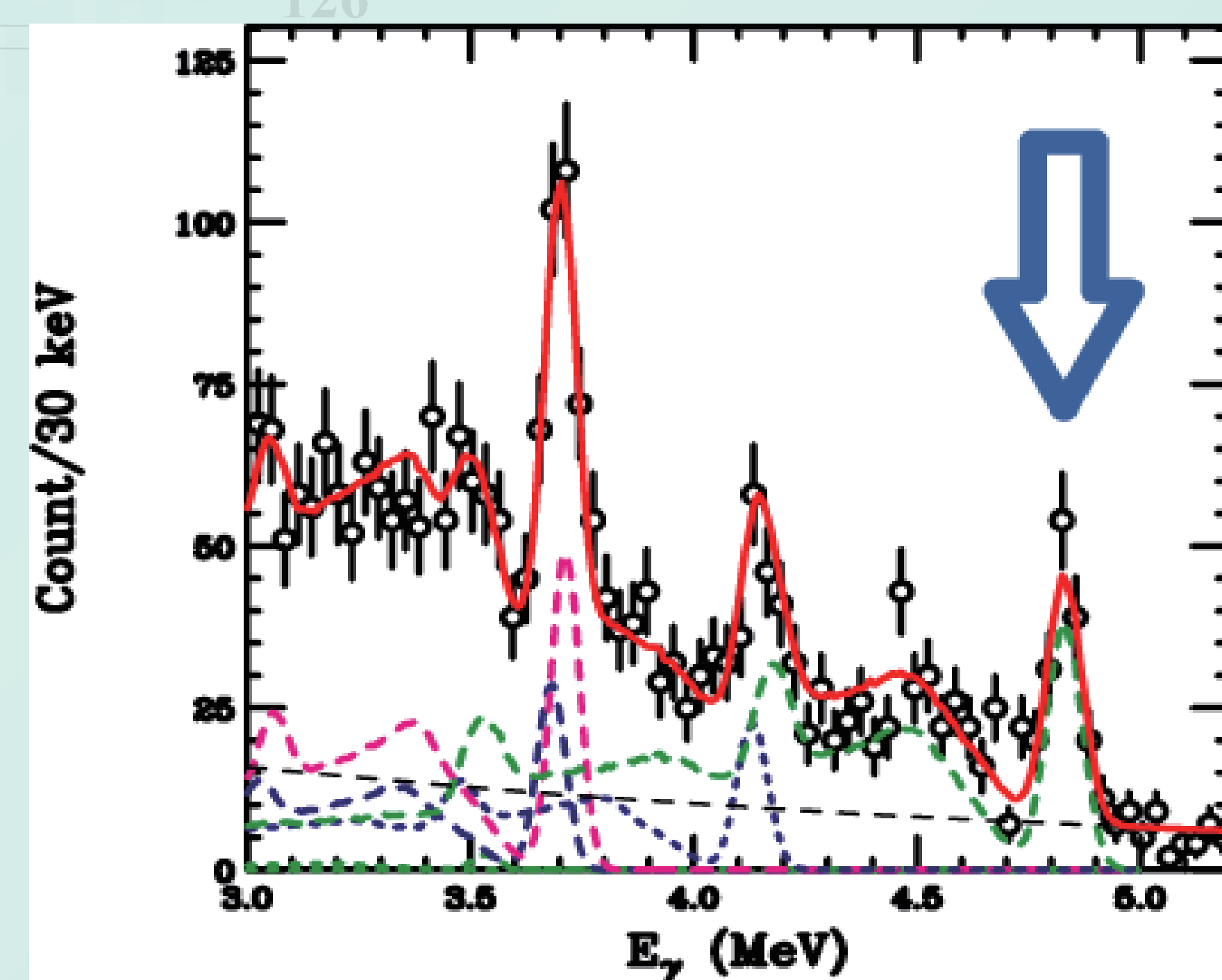
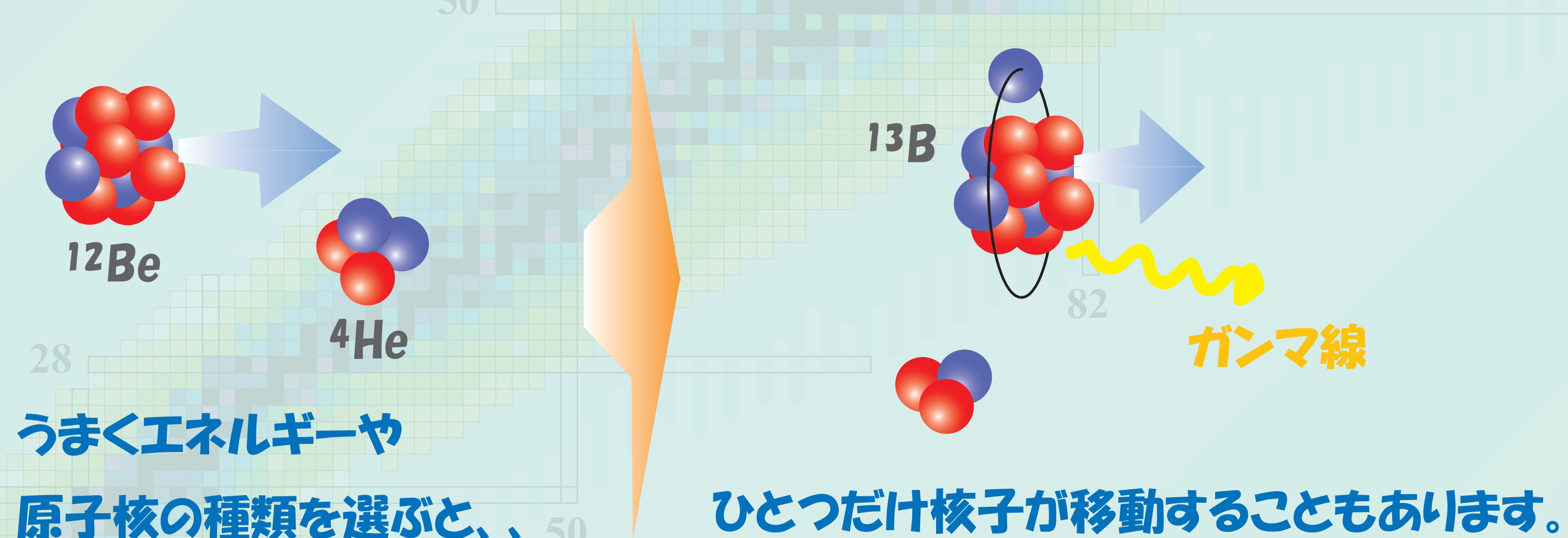
核融合反応

そっと原子核をぶつけると、2つの原子核がくっついてあったかい原子核ができ、たくさんのガンマ線がでます。これを核融合反応と呼びます。この反応を使えば、超変形状態のような不思議な形の原子核を作ることにも出来ます。



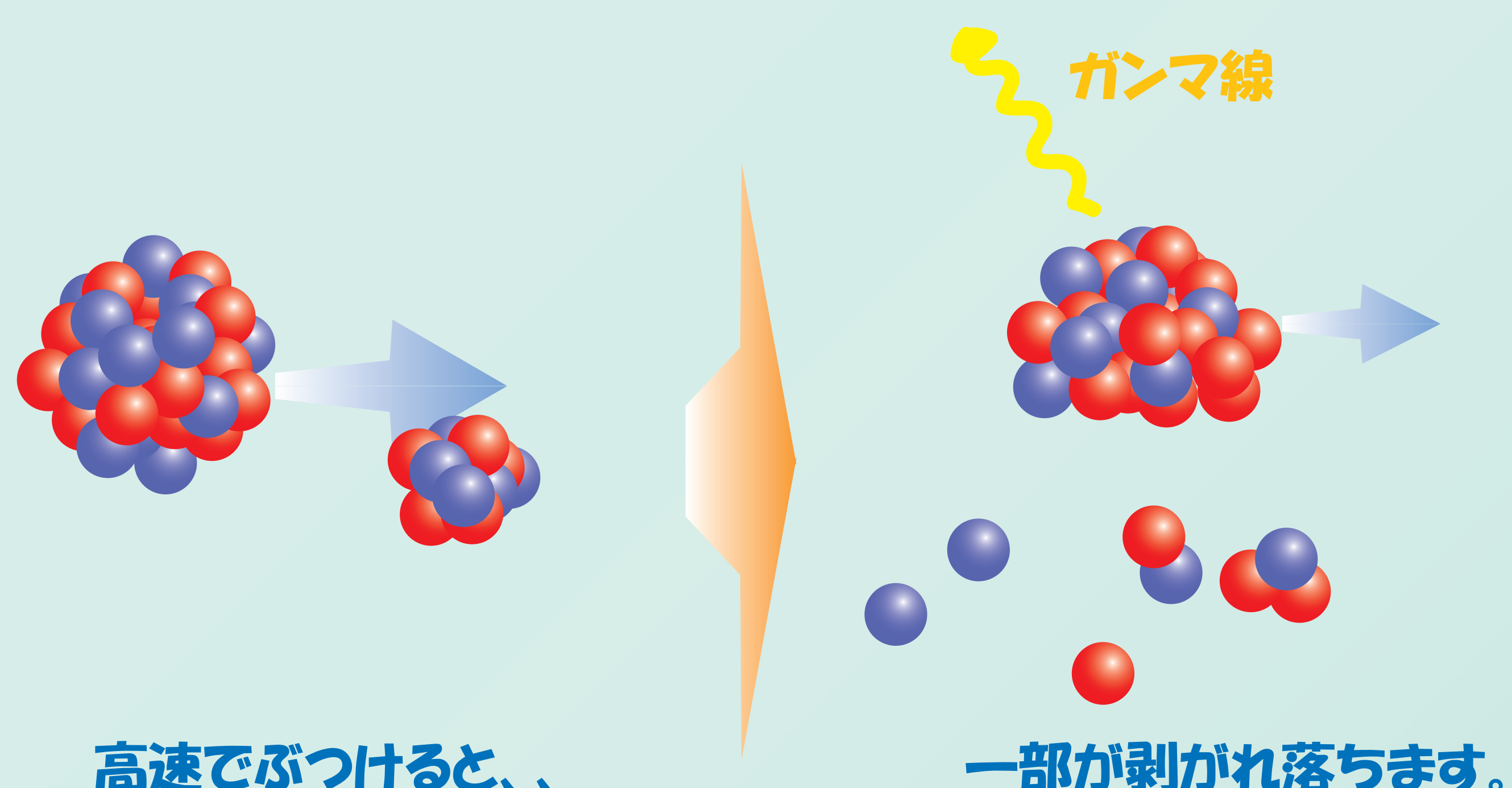
核子移行反応・ノックアウト反応

少しぶつける原子核ビームのエネルギーをあげると、原子核を構成している核子（陽子・中性子）をひとつだけ相手の原子核に渡したり（核子移行反応）、相手からひとつ核子をたたき出したり（ノックアウト反応）できます。この反応を使うことで、原子核のなかの一つの核子の運動状態を知ることが出来ます。



核破碎反応

思いっきり原子核同士をぶつけると、原子核はばらばらに壊れてしまいます。不安定核を作り出す反応は、この反応ですね。



寿命測定

原子核には、ぶつかった後しばらくたってからガンマ線を出すような状態（アイソマー）があります。このような状態を調べるためには、ビームを止めてガンマ線をだすまでしばらく待ってあげます。ガンマ線を測定した時間を調べることで、アイソマーの寿命を調べる事が出来ます。