

放射能の発見から110年余、核分裂の発見から70年余がたちました。今や、核エネルギーは、発電、医療、理工学などの広い範囲で利用されています。

しかし、ひるがえって学校で学んだことを思い出してみると、「放射能」について学んだ覚えがなかったり、「放射能って何だっけ？ よくわからない」という人が多いのではないのでしょうか。

本特集では、放射能や放射線について、誰も知ってほしい基礎知識を解説してみたいと思います。

放射能や放射線って何だろう？

Takeo SAMAKI
左巻 健男

放射能の名付け親はキュリー夫人

19世紀末から20世紀初めに、ドイツのレントゲンがエックス（X）線を発見した（1895年）ことがきっかけになり、フランスのベクレルが放射能を発見しました（1896年）。さらにキュリー夫人らのトリウム、ポロニウムとラジウムの放射能の発見が続きました（いずれも1898年）。

ベクレルは、暗闇においたり、黒い紙で包んだ写真乾板の上にウランをふくんだ化合物をのせておくと、写真乾板は感光していることを見つけました。これは、ウラン化合物から黒い紙を透過してしまう、X線のような目に見えない放射線が出ていると考えられます。ベクレルは、ウラン化合物のもつ、このような性質は、ウラン元素（原子）が入っていさえすれば、その化合物がどんなものであれもっている、いいかえれば、原子そのものがもっていることを明らかにしました。

キュリー夫人は、ウランなど放射性物質がもつ、放射線を出す性質、能力を放射能と名づけました。

彼女は、博士論文のテーマにウラン化合物やトリウム化合物を選び、トリウムも放射能をもつことを示しました。また、ピッチブレンドという鉱物が強い放射能をもつことから、そこにはウランよりも放射能が強い元素（原子）がふくまれている

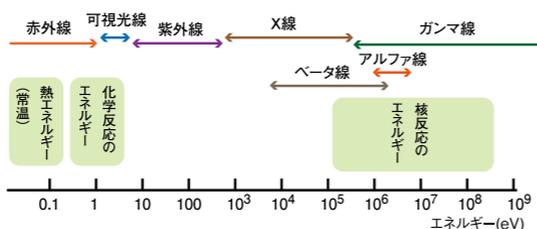


図1 化学反応のエネルギーと放射線のエネルギー



写真1 キュリー夫人の研究室：パリのキュリー研究所には、マリー・キュリーの研究室がそのままの姿で保存されている（2007年10月に訪問）

るはずだとして、ポロニウムを発見し、さらに夫ピエールと協力してラジウムを発見しました。

とくにラジウムは、ウランの300万倍のエネルギーを無尽蔵に思えるほどいつまでも放出し続けました。その理由は、核エネルギーの解明によって明らかにされました。

放射能と放射線

放射能をもつ原子の原子核は、放射線を出しながら、自然にほかの原子核に変わっていきます。

放射能とは、放射線を出す性質や能力です。

- 代表的な放射線には、アルファ（ α ）線、ベータ（ β ）線、ガンマ（ γ ）線の3種類があります。
- ・アルファ線……ヘリウム原子核（2個の陽子と2個の中性子がかたたく結合した粒子）の流れ
 - ・ベータ線……原子核の中からとび出した電子の流れ
 - ・ガンマ線……X線に似たエネルギーの高い電磁波

ほかにも放射線にはX線、中性子線や陽子線などがあります。これらは、写真のフィルムを感光させたり、けい光物質を光らせたり、物質を透過したりします。

放射性核種（放射性元素）

周期表の一マスに入っている元素には、実は何種類かの原子核が違うものがふくまれている場合があります。原子番号が同じで、原子核が違うものたちは、原子核の中性子の数が違うのです。それが同位体あるいは同位元素（アイソトープ）です。たとえば、天然に存在するウラン（U）には、陽子の数が同じなのに、中性子の数が違う同位体が3種類あります。陽子数はどれも92ですが、中性子数は142のもの、143のもの、146のものがあります。これらは、「核種」が違います。これらを区別するために、陽子数と中性子数を足した質量数を234U、235U、238Uのように元素記号の左肩につけて記号化し、²³⁴U、²³⁵U、²³⁸U、それぞれウラン234、ウラン235、ウラン238といいます。

ウランの3つの同位体とも、放射線を出しながら、自然にほかの原子核に変わっていく放射性核



図2 放射性核種は放射線を出しながら壊れていく（放射性壊変）

種です。このように、放射性核種の原子核がアルファ線やベータ線を出して別の核種になることを放射性壊変（あるいは放射性崩壊）といいます。

なお、同じ元素でも、原子核が壊れて元の原子核の数が半分になる時間（半減期）は核種ごとに違います。

放射線のエネルギー

放射線のもつエネルギーは、電子ボルト（eV：エレクトロンボルトと呼ぶ）で表すことが多いです。1eVは、電子1個を電位差1Vで加速したときのエネルギーで、 1.6×10^{-19} Jです。電子ボルトは、「原子や分子1個あたりや電子1個あたりのエネルギーを表すのに、こんなエネルギーの単位もあるよ」程度でかまいません。

化学反応のときにやりとりされるエネルギーは、原子や分子1個あたりにすると数eV程度なのですが、放射線がもつエネルギーはそれと比べて桁が大きく違います（図1）。

人工元素をつくる

ふつうの化学変化では、原子核そのものがほかの原子核に変わることはありません。ところが、原子核に中性子やアルファ線などをぶつけると、ほかの原子核に変わることがあります。このことを利用して人工的に原子核の変換をおこなうことができます。

たとえば、窒素の原子核にアルファ線をぶつけると、酸素の原子核に変わり、ベリリウムにアルファ線をぶつけると、炭素の原子核に変わります。

こうしてつくった人工元素には放射能をもつものがあります。たとえば、コバルト59に中性子をぶつけると、コバルト60になります。コバルト59は、放射能をもたないのですが、コバルト60は放射性核種で、ガンマ線を出し、ガンマ線の治療など医療用などに用いられています。

天然に存在する元素は原子番号92番のウランまでですが、現在の周期表には原子番号112番ま

で正式名称が付いています。原子番号 93 番以降の元素は、原子核にアルファ粒子、陽子、重水素（水素の同位体で質量数 2）、中性子などをぶつけて異なった原子核をつくりだしたものののです。

放射線の電離作用

放射線が当たって原子から電子が外にはじき飛ばされれば、残った原子は出ていった電子のプラスの電荷をもち、陽イオンになります。放射線の電離作用は、このように原子をイオン化するはたらきです。

放射線は、私たちの体をつくる分子から電子をはじき飛ばし、壊したりします。その結果、細胞、さらには組織などを壊す急性障害がおこったりします。

また、DNA の鎖をちょん切ったりするなど、DNA の構造をおかしくすることでガンができるなどの障害をおこすこともあります。だから放射線は生体に対して強力な破壊的作用をもっています。

放射線を浴びると（被曝^{ひばく}）、さまざまな障害をもたらすので、できるだけ避けたほうがよいということになります。

アルファ線、ベータ線、ガンマ線の中では、アルファ線がいちばん電離作用が強いのですが、透過力は弱く、紙 1 枚でも（空中では数センチメートル）ストップしてしまいます。ベータ線は、透過力（空中を数メートル）、電離作用ともに中くらいです。数ミリメートルの厚さのアルミ板でストップします。ガンマ線は、透過力がもっとも大きく、電離作用はもっとも小さいです。

「放射能洩れ」や「放射線を浴びる」の「放射能」は何を指しているのか

もともと放射線を出す性質や能力を放射能と呼んでいましたが、放射線や、放射線を出す能力をもつ物質（放射能核種をふくんだ放射性物質）をも放射能という表現がしばしば見られるようにな

ってきました（図 3）。

たとえば新聞の見出しで「放射能洩れ」や「放射能を浴びる」などが原子力発電所などの事故などの報道のときに見られます。もともとの放射能の意味からすると、「放射能漏れ」は、「放射線を出す性質・能力が洩れた」、「放射能を浴びる」は、「放射線を出す性質・能力を浴びる」ということになり、おかしい表現です。しかし、今はもうあちこちで使われる言葉になってしまいました。そこで、そのようないい方を聞いたり見たりしたら、放射能が放射性核種・物質のことなのか、放射線のことなのかをよく確認する必要があります。

「放射能洩れ」というときは、「放射性物質洩れ」がほとんどで、「放射能を浴びる」というときは、「放射線を浴びる（放射線で被曝）」という意味の場合が多いようです。

放射能の量の単位

放射能の量は、ベクレル (Bq) という単位で表します。1 ベクレルとは、1 秒間に 1 個の原子が別の種類の原子核をもったものに崩壊するということを表しています。したがって、1 秒間に 100 個の原子が崩壊したら、100 ベクレルの放射能があることになります。

旧単位は、キュリー (Ci) で、1 キュリーはラジウム 1 グラムがもつ放射能としていました。

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq}$$

放射線を浴びた量の単位

放射線を浴びた量は、放射線それ自身の量ではありません。そこで、人体など放射線を浴びるのが単位質量あたりに吸収される放射線のエネルギー（吸収線量）を考えました。単位はグレイ (Gy) で、放射線を浴びるもの 1 キログラムあたりに吸収された放射線のエネルギーが 1 ジュールのときに 1 グレイとしました。

ところで、ある人体の組織が 1 グレイの吸収線量だとしても、実はアルファ線を浴びたときとベ

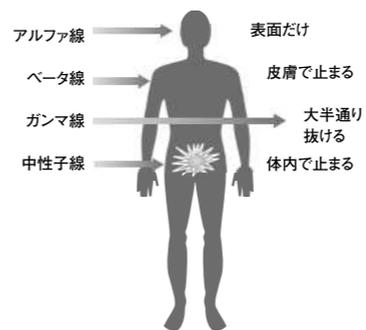


図3 放射線は体をどこまで突き抜けるか

ータ線を浴びたとき、同じ 1 グレイでも前者のほうが後者よりもはるかに影響が大きいのです。組織によって影響が違ふし、放射線によって電離作用などの強さが違うから当然です。

そこで、同じ吸収線量でも、放射線の種類やそのエネルギーの大きさの違いによって人体への影響の程度が異なることを考慮しなければなりません。人体を放射線から守る（放射線防護）目的のために吸収線量に修正係数をかけて、シーベルト (Sv) 単位で人体が吸収した放射線の影響度を数値化しています。1989 年 4 月以前はレムが使用され、1 シーベルト = 100 レムに相当します。

放射線障害の確定的影響と確率的影響

放射線防護の立場からは、放射線障害を、「確定的影響」と「確率的影響」に分けています。

確定的影響とは、ある限界線量（しきい値）があるものです。しきい値を境に、それ以内なら誰も発症しないような障害です。白血球減少、悪心・嘔吐、皮膚の紅斑、脱毛、無月経・不妊などです。障害によって限界線量は違う場合があります。

対して確率的影響は、そのような限界線量が存在しないと考えられる障害で発ガンや遺伝的障害などです。

核分裂と原子エネルギー

ウラン 235 の原子核に中性子をぶつかけると、それが 2 つの新しい原子核に壊れます。これを核分裂といいます。このとき、中性子が 2 ~ 3 個とび

出し、同時にエネルギーが出ます。ウラン 235 の 1 個に核分裂をおこさせると、そのとき飛び出した中性子が、近くにあるウラン 235 にぶつかって核分裂をおこし、そのとき飛び出した中性子がまた近くのウラン 235 にぶつかって核分裂をおこします。このように、次々に反応がおこることを連鎖反応といいます。その結果、きわめて多量のエネルギーが出ます。このようなエネルギーを、核エネルギー（原子力）と呼んでいます。

原子爆弾では、核分裂の連鎖反応が無制限におこります（図 4）。原子力発電などの原子炉では、中性子の数をコントロールして、核分裂のスピードを一定に保っています。

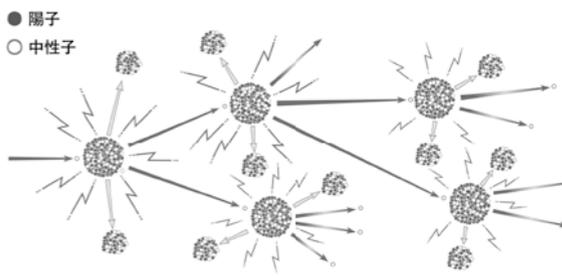


図4 ウラン 235 の核分裂の連鎖反応

核分裂がおこるとき、前後で陽子や中性子の数の合計は変わらないままなのに、分裂前の質量は分裂後の質量に比べると減っています（質量欠損）。これはアインシュタインの特殊相対性理論でいわれる「質量はエネルギーに変わりうる」からです。

1 グラムは、 9×10^{13} ジュールに相当します。これは、長崎原爆で放出されたエネルギーと同じ程度です。つまり、長崎原爆では質量 1 グラムが地球上から消えうせて、 9×10^{13} ジュールのエネルギーとなって人々に襲いかかったのです。RT

プロフィール

さまき たけお
法政大学生命科学部環境応用化学科教授。専門は理科教育。36 年前、中学校理科教諭としてスタート。当時、原子番号、質量数、同位体、放射性元素、放射線、人工元素変換、核分裂が中学校の教科書にあったことを思い出しました。