

科学技術から見た歴博展示

—放射性同位体に関する一般向けパンフレットを作成する—

山脇学園中学校・高等学校 廣瀬 里佳

1. 実施学年および教科・領域

高等学校2年文系 1クラス(40名) / 領域 理科・化学分野『化学基礎』

2. 学習のねらいと博物館の活用との関連について

<1> 単元名

原子の構造と元素の周期表 「物質の構成」

<2> ねらい

①学習指導要領との関連

『高等学校学習指導要領理科』の化学基礎では、「物質とその変化に関わる基礎的な内容を扱い、日常生活や社会との関連を図りながら、化学が科学技術に果たす役割などについての認識を深めさせ、化学的に探求する力と態度を育成すること」を目指している。物質の構成という単元では、原子の構造について理解を深めさせ、同位体も同時に学んでいく。同位体には、放射線を出す「放射性同位体」があり、人体・環境に与える負の影響がよく取り沙汰されている。一方で、がん治療・品種改良など、その応用例は日常生活に浸透しているにも関わらず、注目されにくい状況である。特に歴史調査においては、年代測定が必要不可欠であり、この年代測定に使われている技術こそ、放射性同位体がベースとなっている。そこで、歴史を解明する手段となる科学技術（特に放射性同位体）に着目し、その原理を学びながら、展示物の時代同定に貢献する側面を見る。さらに、この技術を一般の人にも理解してもらうための、パンフレット作成を試みた。

②単元の目標

- (ア) 原子の構造及び、陽子・中性子・電子の性質が理解できる。
- (イ) 同位体・放射性同位体を理解し、その利用を説明できる。
- (ウ) 博物館展示の作成に関わる科学技術を取り上げ、自分の言葉で表現できる。

③博物館との関連

<1> 活用方法 「非来館型活用」

<2> 活用資料 第一展示室の展示物全般 (筆者、歴博教職員が撮影した写真を使用)

④指導観

化学を教える立場として意識していることは、「化学は日常生活に深く関係している」ということを、生徒たちにも意識してもらうことだ。高度な文明社会の発達には、技術なくして成り立たない。その恩恵を常に受けているにも関わらず、私たちはその原理においては、よく分からないというのが現状である。しかし、中等教育の理科までで習う内容でも、理解できることは多くある。例えば、花火は炎色反応の利用、尿検査はベネジクト反応を利用している。

今回、初めて博学連携研究員となり、化学の観点からどのように博物館展示と向き合うべきかを考えた。展示室の説明を受けながら、展示物の同定（時代同定など）に関わる技術に着目した。特に、発掘された古代物には、年代測定が欠かせない。年代測定『放射性同位体』を応用した技術であり、展示物の説明にもその用語はよく出てくる。そこで、高等学校理科でも放射性同位体を扱うことを利用し、放射性同位体のしくみを理解させつつ、一般の人にも広く知ってもらえるようなパンフレット作成を導入した。パンフレット作成については、展示物の前に置き、誰でも手に取ってもらえる場面を想定している。

3. 指導計画（博物館外授業 2 時間扱い、この他に自主学習時間を設ける）

今回はコロナ禍にあったため、学校が 3 月から 6 月中旬まで休校となった。そのため、博物館外での授業が全くできない状況となった。授業代替として、リモートによる動画配信を行った。「原子の構造」と「同位体」の 2 本立てとし、動画時間は 1 本につき約 15 分程度である。その後、夏休みの課題として、パンフレット作成を要請した。下に、リモート授業で行った内容を示しておく。

<原子の構造>

物質の基本的な成分である元素には、それぞれ原子という極めて小さい粒子がある。原子の直径は約 1\AA ($1 \times 10^{-10}\text{m}$) であり、電子顕微鏡を使わなければ見えない大きさだ。原子の構造は大きく 2 つに分けられる。中心にある正の電荷を持つ原子核と、その周りを飛び回っている負の電荷を持つ電子である。さらに原子核は、正の電荷を持つ陽子と電荷を持たない中性子から成り立っている。原子に含まれる陽子と電子の数は等しいため、原子は全体として中性の粒子である。(図 1) 原子核に含まれる陽子の数は、元素ごとに決まっており、その数を原子番号という。例えば、ヘリウム原子には陽子が 2 個含まれているので原子番号は 2 である。つまり、原子を特徴づけるのは陽子の数であることが分かる。原子核に含まれる陽子の数と中性子の和を質量数という。電子は極めて小さいので、原子の質量の大部分は原子核である。原子の種類を原子番号と質量数を含めて表す場合は、右の図 2 のようにする。元素記号の左下に原子番号を、左上に質量数を示す。なお、原子番号は省略することが可能である。

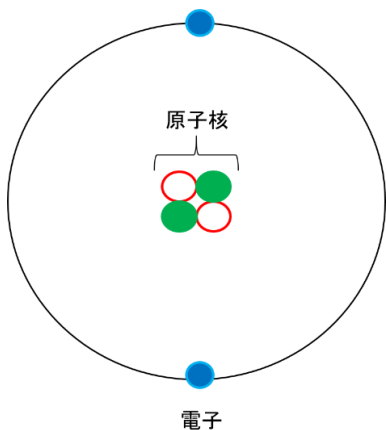


図 1 ヘリウム原子とその構成粒子

構成粒子	電荷の比	質量 (g)	質量比
陽子	+1	1.673×10^{-24}	1
中性子	0	1.675×10^{-24}	1
電子	-1	9.109×10^{-28}	約 1/1840

図 2 表記の仕方



<同位体>

原子番号が同じでも質量数が異なる原子が存在する。これらの原子を互いに同位体（アイソトープ）と呼ぶ。同位体は、陽子の数と電子の数が一致し、中性子が異なる原子である。化学的性質はほぼ同じである。例えば下に示した（図 3）のは、水素原子の同位体である。

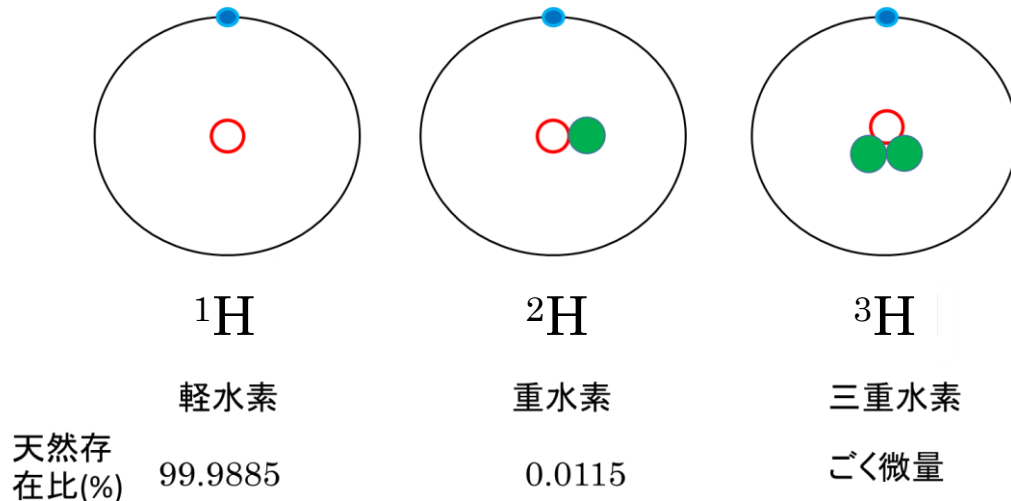
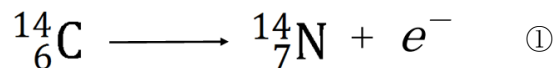


図 3 水素の同位体

水素は原子核に陽子を 1 個含むが、同位体には質量数が 1、2、3 のものが存在し、それぞれ ${}^1\text{H}$ （軽水素）、 ${}^2\text{H}$ （重水素）、 ${}^3\text{H}$ （三重水素）と呼ばれる。また、同位体は多くの原子に存在し、各元素の存在比は、地球上で場所や時間を問わずほぼ一定である。

これら同位体のうち、原子核が不安定で放射線を出す同位体がある——放射性同位体（ラジオアイソトープ）である。原子核が壊れることを壊変といい、放射線を出す能力を放射能という。壊変には、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ の 3 つがある。それぞれ壊変するとき、 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 線を出す。 α 線とは、高速ヘリウム原子核の流れである。 β 線とは、高速電子の流れである。 γ 線とは、極めて波長の長い電磁波のことである。今回、年代測定に関わるものが「 β 壊変」であり、**質量数 14 の炭素が主役**となる。

炭素の同位体である ${}^{14}\text{C}$ は、大気中の ${}^{14}\text{N}$ が宇宙から降り注ぐ宇宙線と反応して生成する。この ${}^{14}\text{C}$ は、大気中の酸素と反応して二酸化炭素となり拡散していく。環境中にある ${}^{14}\text{C}$ の割合は微量であるが、年代によらずおよそ一定である。この ${}^{14}\text{C}$ が β 壊変する様子を式①に示す。式①は ${}^{14}\text{C}$ に含まれる中性子が陽子となり、 ${}^{14}\text{N}$ に変化して β 線を放出することを表す。



テーマとしている年代測定は、この原理を利用している。図 4 にその概略図を示す。

${}^{14}\text{C}$ は光合成により植物体内に入る。木が伐採されたり、枯れたりして植物活動が停止すると、 ${}^{14}\text{C}$ の取り入れも停止される。 ${}^{14}\text{C}$ は放射線を出し、一定の割合で減少していく。 ${}^{14}\text{C}$ を含めた放射性同位体の原子数が半分になる時間を半減期といい、 ${}^{14}\text{C}$ の半減期は 5730 年である。つまり、遺跡物に含まれた ${}^{14}\text{C}$ の原子数が分かれば、その遺跡が何年前の

ものなのかが同定できる仕組みである。

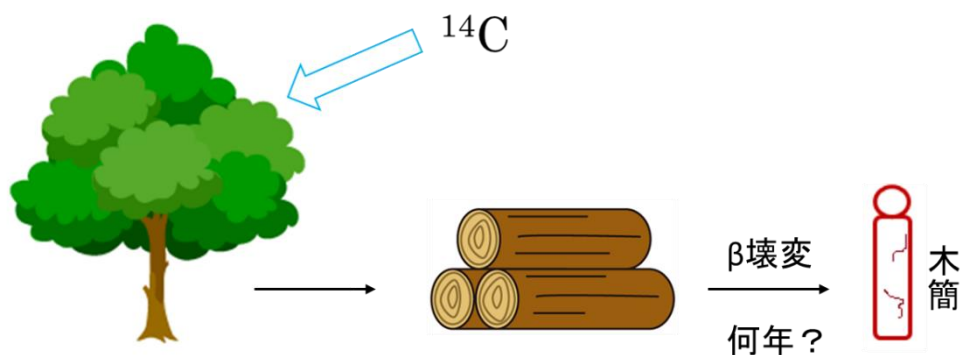


図 4

4 実践の概要

今回はコロナ禍ということもあり、授業時間内で課題に取り組むことができなかった。そこで、夏季休暇を利用し、パンフレット作成の課題を出した。その後、作成されたパンフレットを集め、化学専門の教諭で優秀作品を6点選抜し、博物館に郵送して講評を頂いた。詳細について、順を追いながら説明する。

<課題提示>

パンフレット作成に当たっての前提は「一般の人が見ても分かるもの」である。その前提を踏まえながら、幾つかの条件を筆者側から提示した。

- ・ A4 用紙 1 枚を半分に折り、冊子の形にする。
- ・ 見開きページに、放射性同位体の年代測定の内容や利用例を書く。
- ・ 年代測定の内容に関しては、図、写真、数式など多用して構わない。大事なことは、分かりやすい内容を自分で表現すること。キャラクターの自作・漫画仕立てにすること・カラーで作成してもよい。(パソコンを使っても可能)
- ・ 表紙、裏表紙も自由に設計してよい。

<6点の作品とご講評>

まず、作品を提出してくれた生徒たちに称賛とお礼を述べたい。短い休暇期間にも関わらず、どれも素晴らしいものばかりで、選ぶことも困難な状況であった。悩んだ末、筆者を含めた教員側の基準としては、見やすいこと、人に伝える工夫がなされていること、内容を上手にかみ砕いていることとした。作品については、報告書の最後に一部掲載させて頂いた。ここでは、作品を審査して下さった斎藤先生のご講評を紹介する。

・ 作品 1 『放射性同位体 まるわかり BOOK』

要領よくまとまっていいていいと思います。原子や同位体についてある程度知識を持っている人向けのパンフレットという感じを受けました。用語の使い方を工夫すればさらによくなるでしょう。左頁、 ^{12}C と ^{13}C は「同位体」ですが、放射線は出しません

ので「放射性同位体」ではありません。また、 ^{13}C は1%くらい存在していますので、わずかとはいえませんが、 ^{14}C がどのくらい少ないかをわかりやすく示すために、身の回りのものに例えてみてはいかがでしょうか。1×10⁻¹⁰%という理解しにくいですが、ざっくり計算すると、東京ドーム一杯分の白米の中に50粒くらいの玄米が混ざっている割合です。

半減期と年代のところが少しわかりにくくなっています。「半減期ごとに1/2になる」というのは理解してもらいにくいので、図示した方がいいかも知れません。

右頁、内容はよく調べられていますが、こなれていない感じがします。簡単な言い回しで表現できるといいのですが、実はそれが非常に難しく、こういう分野で広報をしている人たちはみんな苦勞しています。コツとしては、「ざっくり言うと、結局どういうこと？」と小学生や中学生に聞かれた時に答える要領で書く、ということで、専門用語なども少なくなりますし、こまごましたことが省かれて、全体が見通せるようになります。

・作品2 『博物館と科学』

しっかり手順を踏んだ説明になっていて、すんなりと理解できました。「原子」のことをむかし学校で学んで、すでに忘れかけているような、一般の人向けのパンフレットでしょうか。イラストを含め、 ^{14}C と半減期、測定方法の説明は非常にうまくわかりやすいと思います。ただ、字数が多い印象を受けました。博物館の展示キャプションや図録などでも同じことが言えるのですが、読んでもらえないともったいないので、あらかじめ字数を決めてしまって、それに収まるような表現の仕方を考えるというのも、一つの手段だと思います。

陽子と中性子の数がどうなっている時に原子が安定するか、というのは、大学の物理学科レベルの内容で、同じ数の時に安定する、とはいえません (^{208}Pb は陽子82個に中性子126個です)。ですから、ここは「原子が安定する陽子と中性子の数の組み合わせは決まっている」くらいにぼかしておいた方がいいと思います。

ちょっと複雑な話になってしまいますが、生物の体内で ^{14}C の割合が一定である理由は植物と動物で異なっています。植物の場合は、ここに書かれている説明でいいのですが、動物の場合は、呼吸ではなく、食物として取り込まれています（草食動物は植物から、肉食動物はエサとなる動物から）。イラストにネズミを使ったのはキャッチーでいいと思いますので、これはそのまま活かして、説明文を少しだけ工夫してみてくださいはいかがでしょうか。

・作品3 『放射性同位体について』

左頁、イラストを使った説明は非常にわかりやすく上手です。「同位体」「放射性同位体」を一般の方にわかっただけのように説明することは、専門の研究者でも難

しく、みんな苦勞していますが、この工夫はいいですね。「ちょっと無理なんじゃない・・・？」→「3コも入れるのは無理でしょ・・・？」(イラストもいちごでパツンパツンの状態にして) みたいになると、もっと伝わりやすいかも知れない。

少し残念なのは、説明を正確にしようとしているためか、内容がこなれておらず、字数が多くなってしまった点です。一般の方向けのパンフレットにするならば、細かいところを大胆に省いて、ポイントだけ押さえた方が、むしろわかりやすくなります。「興味をもったらあとは自分で詳しく調べて！」くらいの気持ちでいいと思います。

・作品4 『放射性同位体 Radioactive Isotope』

最近博物館などに置くパンフレット類でも、外国語対応が強く求められるようになってきました。もちろん、英語、中国語、ハングル、フランス語など、できるだけ多くの言語が揃えられればいいのですが、それはなかなかできないので、通常は、最低限、英文のものだけは用意しようということになっているのが実情です。また、専門用語や専門的な言い回しの翻訳はかなり難しく、翻訳代行業者に依頼しても、質の悪いものが出てくる場合が少なくありません。その点で、英文を併記したやり方は、非常にいいと思います。ただ、内容が硬く、参考書か用語集をみているような印象を受けました。一般向けのパンフレットですので、内容は必ずしも網羅的にする必要はなく、極端な話、トピックスに偏っていても構いません。例えば、強引に一つのテーマを中心に据えて(「善と悪に揺れ動く電磁波兄弟・X線とγ線」とか、「まわりで死にゆく同位体のはらから! 炭素14サーガ-」とか) 物語仕立てにしてみてもいいでしょう。

・作品5 『展示物の復元で活躍する放射性同位体』

イラストが全開ですね。簡明にまとめられており、コマ割りも見やすく、非常にいいと思います。細かいところでいくつか修正した方がいいところがありますが、全体の作りに影響を与えるものではないので、微調整で十分です。具体的には、化石にはいろいろな時期のものがありますが、このイラストは恐竜(ティラノサウルス?) ですね。放射性炭素法は4~5万年くらい前までしか測れないので、恐竜(数千万年前)の年代測定には使えません。例えばマンモスなら、絶滅したのが4万年~数千年前なので、なんとか大丈夫です。他にもインパクトのあるものを探してみてください。

「放射線同位体」→「放射性同位体」 単純ミスですね。

「復元」「復原」は、文化財の分野でも学術用語として使われており、前者には、失われてしまったものを推測に基づいて当時の形に再現する、という意味があります。したがって、誤解を生じさせないように、他の用語を使った方がいいと思います。

※作品5を作成した生徒は、斎藤先生の講評を受けて、再度パンフレットの手直しを行いました。

・作品6 『放射性同位体の年代測定について』

簡潔できれいにまとまっています。高校生向けの副読本に載せられるような内容で、よく構成されており、全体像を総体として見通せているという感じを受けました。左頁下の欄は、説明をだいぶ端折っていますが、内容が正しく捉えられていますし、細かいところにとらわれず、全体が包括的に説明できているので、これでも問題ありません。右頁も、イラストと説明を併用することで、非常にわかりやすく、すんなりと頭に入ってきます。

斎藤先生は化学専門であられ、放射性同位体を用いた測定のエキスパートである。そのような専門家の方に、専門家からの視点を頂けたことは大変貴重な機会だった。

5 成果と課題

①成果

国立歴史民俗博物館と聞けば、歴史を学ぶ場所と想像されがちだが、その展示物が私たちの前に出される過程には、多くの科学技術が使われている。筆者自身が化学専攻ということもあり、歴史の裏付けには技術が必須であることを知ってもらいたい、そのような視点を広めたいという思いのもと、今回の授業研究を実施した。幸いにも、文系の化学基礎を受け持つこととなり、「文系の人からみた化学」を間近でみられたのは新鮮であった。パンフレット作成を通じて博物館の先生から講評を頂き、学校と博物館との連携が取れたのも良い機会であった。

生徒の作品を眺めるたび、人に伝えることの難しさや楽しさ、自分が持っている力など、彼女らの様々な面をうかがうことができたのは大きい。特筆したいのは、授業も動画配信という状況の中で、年代測定を理解しようという姿勢が大変伝わってくることである。歴史と科学と博物館の繋がりを、こよなく感じ取れたのではないだろうか。生徒たちにも振り返りをしてもらい、自由に記述してもらった。幾つか、抜粋してご紹介したい。

- ・放射性同位体を初めて教わる時に、私だったらどんなことを書いて教えてもらいたいかを想像しながら作りました。書きだす前は悩んだけれど、いざ書き始めると楽しかったです。
- ・読む人が楽しんでもらえるよう、固すぎない説明にならないように心がけました。
- ・英語の説明も足して、外国の人にも分かるようにしました。英語の勉強になりました。
- ・放射性同位体を理解するのに1番時間を要した。半減期の説明をどうするか悩んだ。
- ・歴史が好きなので、分かってくると面白い。
- ・絵が苦手なので、パンフレットを作成するのが辛かった。
- ・パンフレット作成が、はじめは乗り気ではなかったけど、書き進めていくうちに、どのような構造、デザインにしようとするのが楽しかった。
- ・自分も知らない年代測定などを知る良い機会になった。

- ・歴博を訪ねました。
- ・原子の構造など、基礎知識がないと理解しづらいと思ったので、同位体を知る上で必要な化学の知識を詰めました。
- ・最初は結構大変そうだなと思ってやったのですが、やってみると、意外と進んで調べようになり、知識を身につけることができました。最後はやる意味はあったと思うことができました。

②課題

パンフレット作成においては、十分な時間的余裕が必要であることを感じた。(コロナ禍ということもあり) 博物館の訪問ができないこと、授業ができないことなどに鑑みると、生徒たちの負担が大きかったと感じる。筆者側も課題を出すときに、放射性同位体の資料などを沢山提示すれば、生徒たちも迷わずに取り組むことができたのではないかと感じる。また今回は炭素の放射性同位体を取り上げたが、他にも酸素同位体や鉛同位体などもある。鉛同位体は古代銭貨の調査に利用され、その同位体比を調べれば、銭貨の材料(金属)がどこで産出されたものかを特定できる方法に使われる。今後は、それらの放射性同位体についても発信していきたい。

他にも展示物には多くの自然科学が潜んでいる。今回は先史・古代を扱う第一展示室の資料から着想を得たが、第二展示室以降については触れられていないのが現状だ。博学連携連絡会議では、服装・染色に関しても研究できるのではないかという新たな意見も頂いた。文系クラスだけでなく、理系クラスの視点というのもあれば、比較できて面白いとのご助言もあり、継続して行いたいと考えている。

最後に、このような貴重な経験をさせて頂いた博物館の教職員の皆様、博学連携研究員の皆様に、大変感謝の意を申し上げます。

<参考文献>

- ・改訂 化学基礎 東京書籍, 2020.
- ・サイエンスビューー 化学総合資料 四訂版 実教出版, 2019.
- ・斎藤 努, 金属が語る日本史 銭貨・日本刀・鉄砲 歴史文化ライブラリー355, 2012.

【生徒たちが作成した作品 6点】

<作品 1> 『放射性同位体 まるわかり BOOK』

Q. 放射性同位体 って何？
(別名、ラジオアイソトープ)

A. **放射線** とよばれる粒子やエネルギーを放出して他の原子に変わる同位体のこと。とくに不安定な原子

例として
炭素の放射性同位体は... ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C の3つ
質量数はそれぞれ12, 13, 14で存在比は ^{12}C が99%, ^{13}C が1%, ^{14}C がごくわずか
このうち ^{14}C が放射性同位体である

陽子の数, 中性子の数が異なる
陽子の数, 中性子の数が異なる
陽子の数, 中性子の数が異なる
陽子の数, 中性子の数が異なる

放射性同位体は...
放射性同位体は...
放射性同位体は...
放射性同位体は...

放射性同位体は...
放射性同位体は...
放射性同位体は...
放射性同位体は...

放射性同位体は...
放射性同位体は...
放射性同位体は...
放射性同位体は...

放射性同位体は...
放射性同位体は...
放射性同位体は...
放射性同位体は...

放射線の種類

放射線の種類

- α線 (ヘリウム原子核)
- β線 (原子核から飛び出す電子)
- γ線 (原子核から放出される高エネルギー光子)
- X線 (原子核から放出される高エネルギー光子)

放射線の特徴

1. 物質を透過するため、物質や生体の内部を穿ちやすい。調節が難しい。
2. 局所的にエネルギーを集中させ、材料の加工や特殊な機能を付与することができる。
3. 細菌やがん細胞に対して殺菌効果や、不活性化作用がある。
4. 化学物質に対して照射により別の物質に変えることができる。

生体組織に過度に照射すると障害をもたらすため、放射線は応用・利用できるように注意が必要。

これらの特徴を利用して

(1) 工業利用
材料の検査や生体に身近な製品
の材料加工
(例) 倉庫道のレーザ、自動車部品の検査

(2) 医療利用
X線検査や(丁種)による
画像診断
放射線照射によるがん治療

(3) 農業利用
種子の改良... 植物にγ線を照射する
品種改良... 人工的に照射した遺伝子の
遺伝子改良... 害虫駆除... 放射線による害虫駆除
の原理は、放射線が害虫のDNAを破壊し、
遺伝子を損傷させることによる。放射線は、
害虫のDNAを破壊し、遺伝子を損傷させること
による。放射線は、害虫のDNAを破壊し、
遺伝子を損傷させることによる。

(4) 食品照射
食品や農産物をγ線や電子線
で照射すると、発芽防止や
殺菌効果、殺菌効果の保持期間
が長くなる。→食品の保存期間
の延長が可能

(5) その他
物質の検出や宇宙放射線の測定に
利用。例) 放射性同位体の検出
器は、放射線が検出器に入ると、
検出器が放射線を検出し、その量を測定する。
放射線は、検出器に入ると、検出器が放射線を
検出し、その量を測定する。放射線は、
検出器に入ると、検出器が放射線を
検出し、その量を測定する。

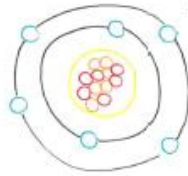
— どうして年代測定ができるの？ —

皆さんはどのような説明をした、博物館館長などによく目にすると思います。どうしてこのオオカミが中生代年代が分かるのかを知っていますか？実は、「ラジオアイソトープの測定」という科学技術を使っています。生物の年代を測定しているんです！

オオカミ
 東京都立自然史博物館 図10000
 図10000に示されています。

— まず知ってほしい！原子のこと —

原子とは、物質を構成する最小の単位。別称が深いものには、水素(H)や酸素(O)があります。
 この原子というものは、陽子と中性子から成る原子核と、その周りを回る電子が回っている状態です。

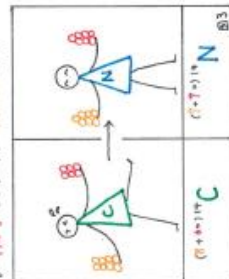


<ポイント>
 ① 陽子の数が原子の種類を決めます
 ② 陽子と中性子の数が同じ場合は中性子同位体です。

(図1)は炭素の原子の種類が分かります。炭素には炭素12と炭素13の2種類があります。記号で炭素12は $^{12}_6\text{C}$ 、炭素13は $^{13}_6\text{C}$ です。これは原子の種類は炭素(C)ですが、中性子の数が違うため異位体番号が違います。今回、3種の炭素を人の等に変え、左手に陽子、右手に中性子を持つようにしました。

— ラジオアイソトープ、って？ —

(図1)は炭素の原子の種類が分かります。炭素には炭素12と炭素13の2種類があります。記号で炭素12は $^{12}_6\text{C}$ 、炭素13は $^{13}_6\text{C}$ です。これは原子の種類は炭素(C)ですが、中性子の数が違うため異位体番号が違います。今回、3種の炭素を人の等に変え、左手に陽子、右手に中性子を持つようにしました。



①C、②Cと比べて陽子と中性子の数の差が大きくなり、不安定なC。どうにかして安定させたいと考えます。
 「左手の中性子と1つ陽子に変えれば、安定になります！」
 このように、バランスをとるために中性子と陽子に変えることを「ラジオアイソトープ」と呼びます。この「バランスをとる」という現象は自然に起こります。
 ここでポイント①を思い出してください。Cの陽子は6個、中性子は7個、陽子と中性子の種類が炭素(C)から窒素(N)に変わってしまうんです。年代測定には、ラジオアイソトープであるCの、この性質が使われています。

Cは大気中に含まれており、呼吸を通じて生物の体内に絶えず補給されています。そのためNに変化することで体内のCが減少すると、新しいCがその分取り込まれるため、体内のCの割合は一定です。また、生物の体内のCの割合は、大気中のものと等しいことがわかっています。
 生物が死ぬまで呼吸が止まると、新しいCは体内に補給されなくなり、Nに変化して減少する一方になります。
 <ポイント>



③ Cは一定の割合で減少していきます
 ④ Cが大気中に占める割合は一定である
 生物の死後、その中のCの割合は、5730年経つごとに半分にならなくなっていきます(この時間を半減期といいます)。
 ポイント④より、大気中のCの割合は変わらない。
 → 死後、その中のCの割合と、現在の大気中のCの割合を比較することで、その生物がいつ死んだのか、何年前の生物なのかを分かります。

大気中のCの割合 = 80	大気中のCの割合 = 40	大気中のCの割合 = 20
生きながら	死後 5730年	死後 11460年
死んだとき	死後 5730年	死後 11460年
大気中のCの割合 = 80	大気中のCの割合 = 40	大気中のCの割合 = 20
生きながら	死後 5730年	死後 11460年

<測定方法>
 (図5)を例に説明します。
 生物の死後、その中のCの割合を測定すると、20%です。これは大気中の割合の半分です。これは、半減期が2回繰り返されたこと、つまり、Cの半減期は5730年。これは2回の半減期で、5730 × 2 = 11460年前の生物である。このようにして、化石の年代を測定することができます。

このように、科学は身近なことにも利用されているんです！

＜作品3＞ 『放射性同位体について』

原子の原子番号が異なるものは、原子番号が異なるからである。原子の ^{14}C は炭素の放射性同位体であるから、 ^{12}C と ^{13}C は安定同位体である。

^{14}C の半衰期は約5730年である。これは、 ^{14}C の量が元の量の半分になるまでの時間である。

放射性同位体は、原子番号が異なるからである。原子の ^{14}C は炭素の放射性同位体であるから、 ^{12}C と ^{13}C は安定同位体である。

^{14}C の半衰期は約5730年である。これは、 ^{14}C の量が元の量の半分になるまでの時間である。



放射性同位体は、原子番号が異なるからである。原子の ^{14}C は炭素の放射性同位体であるから、 ^{12}C と ^{13}C は安定同位体である。

^{14}C の半衰期は約5730年である。これは、 ^{14}C の量が元の量の半分になるまでの時間である。

Answer:

放射性同位体は、原子番号が異なるからである。原子の ^{14}C は炭素の放射性同位体であるから、 ^{12}C と ^{13}C は安定同位体である。

^{14}C の半衰期は約5730年である。これは、 ^{14}C の量が元の量の半分になるまでの時間である。

放射性同位体は、原子番号が異なるからである。原子の ^{14}C は炭素の放射性同位体であるから、 ^{12}C と ^{13}C は安定同位体である。

^{14}C の半衰期は約5730年である。これは、 ^{14}C の量が元の量の半分になるまでの時間である。

放射性同位体は、原子番号が異なるからである。原子の ^{14}C は炭素の放射性同位体であるから、 ^{12}C と ^{13}C は安定同位体である。

^{14}C の半衰期は約5730年である。これは、 ^{14}C の量が元の量の半分になるまでの時間である。

放射性同位体は、原子番号が異なるからである。原子の ^{14}C は炭素の放射性同位体であるから、 ^{12}C と ^{13}C は安定同位体である。

^{14}C の半衰期は約5730年である。これは、 ^{14}C の量が元の量の半分になるまでの時間である。

放射性同位体の年代測定

放射性同位体は、原子番号が異なるからである。原子の ^{14}C は炭素の放射性同位体であるから、 ^{12}C と ^{13}C は安定同位体である。

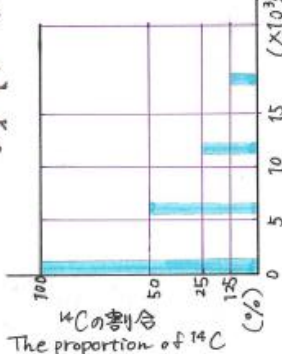
^{14}C の半衰期は約5730年である。これは、 ^{14}C の量が元の量の半分になるまでの時間である。

<作品4> 『放射性同位体 Radioactive Isotope』

放射性炭素年代測定法とは...? What is "Radiocarbon Dating"?
動物や植物などが死んだと推定されたものが推定方法。
A method for determining the age of an object containing organic material by using the properties of radiocarbon.



5730年で半分になる
It becomes half in 5730 years
→ 半減期: 変化によって放射性同位体の量が元の半分になる時間
Half-life: the period of time after which half of a given sample will have decayed



<放射性同位体の利用 The usage of radioactive isotope>

- 医療分野での利用
Use in the medical field
・PETスキャン... 物を顕微鏡で見る (透過力)の強いX線の性質を利用して体内を調べる。
・X-ray ... a penetrating form of high-energy electromagnetic radiation used to scan objects.
- がんの放射線治療
DNAを破壊し、がん細胞を増えるのを抑える。
・ Radiotherapy for cancer treatment
・ Cobalt-60 is used as a radiation source to arrest the development of cancer
○ その他
・ 空港の荷物検査
・ トンネル工事

放射性同位体とは...? What is "Radioactive Isotope"?

まずじめに、同位体とは同じ種類の元素でも、原子核の中子数が異なる原子のことです。



水素原子の3つの同位体
3 isotopes of hydrogen
陽子 proton
中性子 neutron
電子 electron
水素 Hydrogen
重水素 Deuterium
三重水素 Tritium
First of all, an "isotope" is a form of an atom that has a different atomic weight from other forms of the same atom but the same chemical element.
A "radioactive isotope" is an isotope that changes to a more stable state by emitting radiation.

放射性同位体の崩壊にはα崩壊、β崩壊、γ崩壊の3種類があります。

There are 3 types of radioactive isotope decay:

- α崩壊 (alpha) ... 原子核からα線(ヘリウム原子核)を放出して崩壊すること。
- β崩壊 (beta) ... 原子核からβ線(電子)を放出して崩壊すること。
- γ崩壊 (gamma) ... 崩壊した(エネルギーが高まった)原子核からγ線を放出して崩壊すること。

Gamma decay ... a type of radioactivity in which some unstable atomic nuclei dissipate excess energy by an electromagnetic process.



＜作品5＞ 『展示物の復元で活躍する放射性同位体』

骨や皮は数億歳前
これは〇〇万年前の
化石を再現して



もしもそんな化石の
骨が化石の？
と疑問に思ったらそれは
ありませんか？

14 C

炭素の形で
存在しています。では
その仕組みを詳しく見ていきましょう。



自然界は呼吸、食事を繰り返し
炭素を摂取しているため、身体の中には
14Cも取り込むか取り込まれます
そして炭素が炭素と
14Cは体内に閉じ込められた
ままになります。




14C
生きていた頃の
生物の中にあった14Cが
どれだけ減っているか
で年代を測定します。

では、何故
14Cの量が年代測定に
使えるのでしょうか？

14Cは自然界に昔も今も常に存在しています

放射性同位体とは、

放射性同位体は原子核が
不安定で時間の経過と共に
放射線を出しながら
崩壊していきます。



この時、放射性同位体の量が
元の半分の量になるまでの
期間、約5730年を
半減期と言います。

これまでの説明を踏まえて
放射性同位体の年代測定の例を見てみましょう

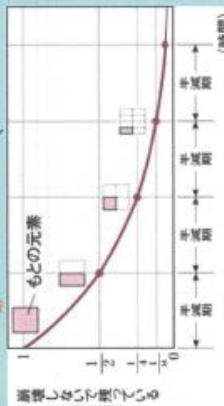
たとえば縄文時代に作られたであろう炭火式土器の
木が腐りかかるとします。

但し木に10兆個の炭素があったとすると、当時は
10億の14Cが含まれていた事になります。

木が切られてしまうとそれ以上炭素を取り込む事は
なくなります。ここから時計がスタートします。

そして現在測定した
14Cが
5億(当時の半分)
になっていたとすれば、
その木が生きていた
約5700年が経過した
ことを示しています。

つまり5700年間の経過
を測定できる。



測定しなおして戻している
もとの炭素の割合

このように放射性同位体を利用する事で
古代の物質がより正確に復元されています。



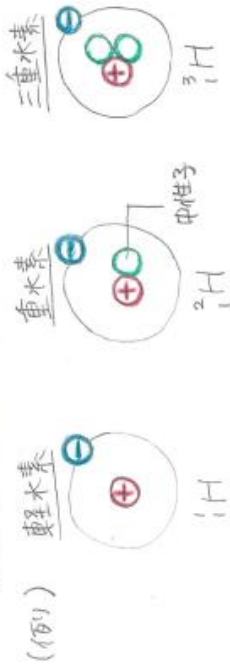
科学的根拠に基づいて復元された展示は
古代に広がっていた世界をありありと
私達の目に浮かばせてくれますね。

引用 生涯の学習ノート <https://www.dcbx-note.com/science/5019/>
 進研ゼミ 高校講座 <https://kou.benesse.co.jp/ntgate/science/a13g05bb01.html>
 大学受験の日本史を極めるブログ <https://jahistory.com/housyasei-tanso-mendaisokutei/>

<作品6> 『放射性同位体の年代測定について』

放射性同位体とは？

同じ原子番号を持つ元素で、原子核の中子数の数が異なるものを同位体といえます。



このうち三重水素は放射線を出し、このように放射線を出す同位体のことを放射性同位体といえます。

一般に地球自然の生物圏内において、放射性同位体である炭素(14C)の存在比率はほぼ一定で、動物の内部における存在比率は死ぬまで変わらなせん。ですが、死んだ後は死ぬまで炭素の補給が止まり、存在比率が下がりはじめます。この性質と炭素の半減期が5730年であることを利用して年代測定を行っています。

アハハ！生物の遺体からだけじゃなく土器などに付いた穀物や動物の糞、植物の繊維を調べると、その土器が作られた年代も分かるから嬉しいな！

実際に炭素同位体を出してあげる！

② 地層から発見されたある木材中の¹⁴Cの量が、大気中の量に比べて、この木材の木が枯れたのは何年前かある。(ただし、¹⁴Cの半減期を5730年とし、大気中の¹⁴Cの量は一定とする)

↑ ¹⁴Cは死んでから5730年経つと半分(1/2)に減り、またさらにとさらに5730年経つとその半分(1/4)に減ります。つまり問題では¹⁴Cの量が、大気中の量に比べて1/8とあるので、 $\frac{1}{8} = (\frac{1}{2})^3$ 、5730年が3回というところから5730×3よりこの木材の放射年代は17190年、木材の木が枯れたのは17190年前といえます。

<グラフに表すと>

