



原子変身マシン

手相よりも確かなミクロの世界

ガラスのテーブルの上に手のひらをのせると、10倍単位でみるみる画像が拡大。手のひらから原子(げんし)の世界が広がっていくよ。



人間の体はすき間だらけ？

手のひらからデータのスキャンが完了すると、画面左上に表示される倍率が大きくなっていくにしたがって、細胞(さいぼう)、染色体(せんしよくたい)、DNA、原子、原子核(げんしかく)へとどんどん小さなミクロの世界にはいっていく。

原子核がサッカーボールの大きさだとすると原子全体の大きさは東京ドームくらいなんだ。しかも真ん中にある原子核が原子全体の重さの99.9%以上を占めているんだよ。東京ドームの真ん中にどっしり、ぼつんと原子核が構(かま)えていてドームの端(はし)には小さなゴマつぶくらいの軽い電子(でんし)が飛び回っている状態ということになる。だから原子はスカスカのすき間だらけということになるんだ。

原子変身マシンの映像で原子のすき間を通り抜けている光のようなものは自然放射線で、気づかないけど普段から私たちの身体を通り抜けているんだ。

ポイント



原子変身マシンの向かいにあるスパークチェンバーで放射線が実際(じっさい)に飛んでいる様子(ようす)を見ることができるよ。

もっと
知りたい!

原子の世界を見るための電子顕微鏡(でんしけんびきょう)

目に見えないほど小さい物を見るには虫眼鏡(むしめがね)や顕微鏡が必要だね。私たちが理科室などで使う顕微鏡はガラスのレンズを使った光学式(こうがくしき)顕微鏡なんだ。

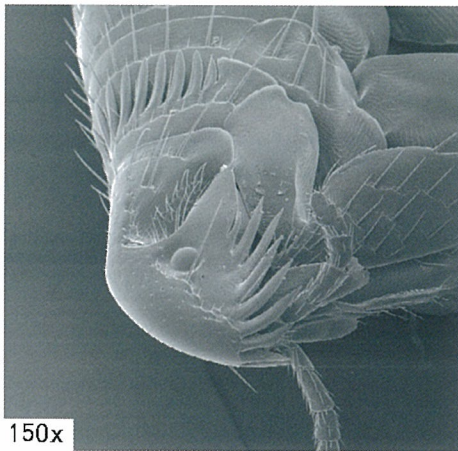
ところがこの光学式顕微鏡は光を使っているため、光の波長よりも短いものを観察するには限界(回折限界(かいせつげんかい))があるんだ。

そこでもっと小さいものを見るために光よりも短い波長の電子を使った電子顕微鏡が生まれた。(電子はつぶ(粒子)としての性質と波としての性質の両方をもった不思議なものなんだ。)

光学式の顕微鏡が約2,000倍まで拡大することができるのに対して、電子顕微鏡は約100万倍まで拡大することができるので、原子の一つ一つを見分けられるまでになっているんだ。

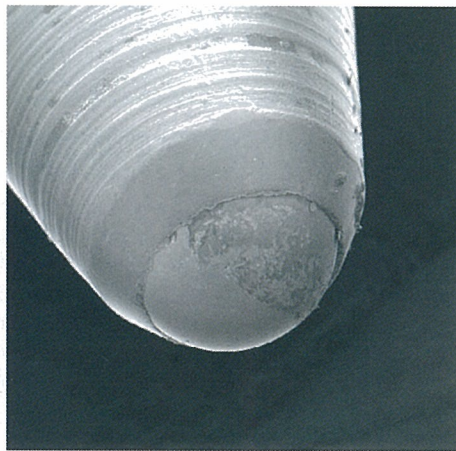
電子顕微鏡は光学式顕微鏡のように可視光線(かしこうせん)ではなく電子線を使っているので、原子レベルの小さいものを見ることはできるが、標本(ひょうほん)の色を見ることはできないので白黒の画像になるんだよ。

電子顕微鏡でみた画像



150x

ノミの頭部



ボールペンの先

画像協力: 目黒区立第三中学校 阿達直樹

(撮影時の倍率はノミの頭部は150倍、ボールペンの先は75倍ですが、ここに印刷されている画像の大きさは変更しています)



科学技術館・アトモス



この印刷物は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託費により制作されています。



ハンズオンアトム

原子の構造が手にとるようにわかる！

まるでネオンが輝いているようなきれいな球。芸術作品みたいだけど、ちゃんと原子(げんし)の構造、電子(でんし)と軌道(きどう)について、体験しながら学ぶことができるんだ。



原子は原子核と電子からできている

ハンズオンアトムの中央にある球が原子核(げんしかく)で、まわりにあるのが電子だ。電子は原子核を中心とする球面上を回っている。

木琴をたたいてみよう、何か変化はあったかな？ 電子の回る位置が外側に移ったね。そしてしばらくすると、内側に戻る。これはどういうことだろう？

原子核は中心にあり、そのまわりを電子がまわっている。電子は原子核を中心とする円周上を回っているが、電子が回る円の半径はいくつかあるんだ。ふつうは原子核に近い、内側の円軌道を回っている。ところが、外部からエネルギーを受け取ると、外側の円軌道へと飛び移って回るようになる。しばらくすると、内側の安定した円軌道に戻ってくる。このとき電子は、外部から受け取ったエネルギーを光やX線として放出するんだよ。

ポイント



木琴のいろいろな音をたたいて見よう。高い音や低い音が出るよね。音が高いということは、振動数(しんどうすう)が高い。つまりエネルギーが大きいことになる。逆に音が低いということは、振動数が低い。つまりエネルギーが小さいことになる。

もっと
知りたい!

電子が発する光レーザー

電子は、原子核のまわりをまわっている。外部からエネルギーを受け取ると、外側の軌道へと飛び移って動きまわるようになる。この状態を「励起(れいき)状態」という。

しばらくすると、内側の安定した軌道に戻ってくる。このとき、電子が光を放出する。この光の方向をそろえ、増幅させたものがレーザーだ。レーザーは、トランジスター、高温超伝導物質(こうおんちょうでんどうぶっしつ)とともに20世紀の重要な発見といわれている。

21世紀のあかり

レーザーは照明、解析、加工などさまざまな分野に応用することができる。たとえば、高いエネルギーを微小な点に集めることができるレーザーを使えば、非常に微細な加工も可能になる。そして最も期待されているのが、照明への応用だ。レーザーは「21世紀のあかり」ともいわれているけど、同時に、いかに照明の消費電力を減らすかは、地球の環境問題にも直結する重要な課題なんだ。そのために注目されているのが、発光ダイオード(LED)だ。ふつうの電球では、電流から熱エネルギーをへて光エネルギーに変換される。発光ダイオードでは、電流から直接光エネルギーに変換されるので、消費電力が少ないだけでなく、小型で寿命が長い。まさに「省エネルギー照明」だ。すでに信号機などに使用され、大幅に消費電力が減っているんだよ。



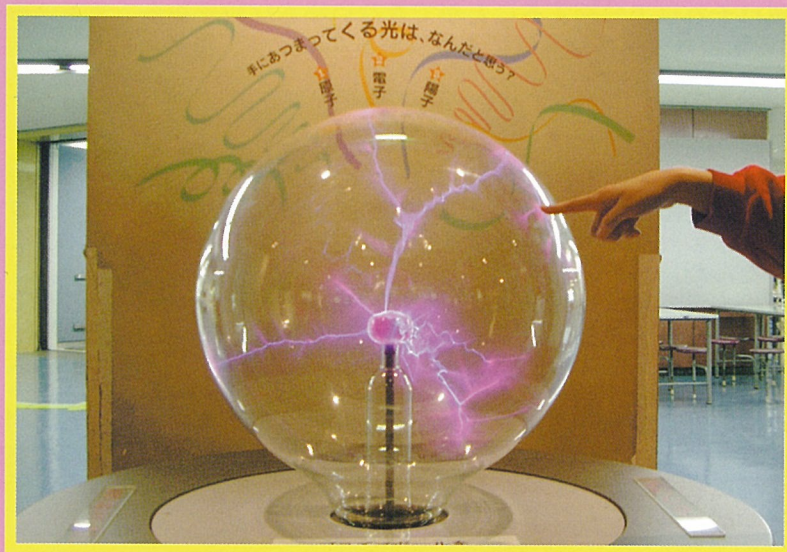
科学技術館・アトモス

この印刷物は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託費により制作されています。

プラズマボール

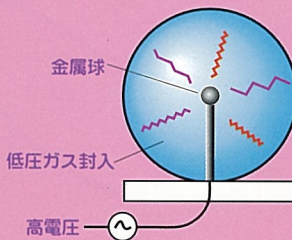
不思議なボール。光の正体は何だろう？

ピカピカ光る不思議なボール。そっとボールに手を当ててみよう。
 みるみる光が寄ってきた。手を動かすと光もついてくる。この光の正体は何だろう？



プラズマ状態のガスが色あざやかな光を發するよ

プラズマボールの中には、ネオンガスやアルゴンガスが入っている。そしてプラズマボールの中央には金属の球があり、数千ボルトものとても高い電圧がかかっている。すると、金属をつくっている原子から電子(でんし)が飛び出してくる。原子から飛び出した電子がネオンガスやアルゴンガスの粒子(りゅうし)に当たると、ぶつかった粒子の種類によって青や赤、オレンジ色に発光する。ゆれ動くあの不思議な光は、電子の動きにそってできたプラズマの光だったんだ。



ポイント



人間の体は電気をとても通しやすい。だから、近づけた手がまるで避雷針(ひらいしん)のように電子を集めてしまうんだ。電子、つまり電流があなたの腕から胴、足を通して床に流れていったんだよ。

もっと
知りたい!

すべての物質は「アトモス」からできている

今から2300年ほど前のギリシャの学者デモクリトスは、物質をどんどん細かくしていくと、それ以上分割(ぶんかつ)することができない粒(つぶ)にいきつくと考えた。そしてデモクリトスは、この基本的な粒を「分割できない」という意味の「アトモス(原子)」と名付けたんだ。この原子力の展示室の名前も、このアトモスにちなんでいるんだ。

物質はそれ以上分割することができない小さな粒子からできていることは、その後のさまざまな実験によって明らかになってきた。

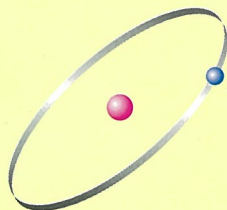
原子の構造

原子はそれ以上分割できないと考えられていたが、原子は原子核(げんしかく)と電子(でんし)からなることが20世紀はじめに明らかになった。つまり原子核のまわりをマイナスの電気をもつ電子がぐるぐる回っていることがわかったんだ。

原子の大きさは、直径約1兆(ちょう)分の1センチメートルくらい。そして原子核はもっと小さく、原子の10万分の1から1万分の1くらいだ。たとえば、原子が東京ドームの大きさだとしたら、原子核はピンポン玉くらいの大きさしかない。その間を電子がまわっているんだ。

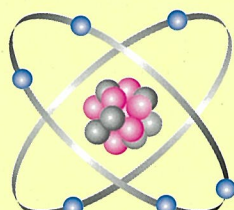
その後の研究で、原子核はプラスの電気をもつ陽子(ようし)と、電気的に中性の中性子(ちゅうせいし)からできていることがわかった。現在では、中性子や陽子はさらにこまかいクォークという素粒子(そりゅうし)からできていることがわかっているんだよ。

水素原子



● 陽子1個
● 電子1個

炭素原子



● 陽子6個
● 中性子6個
● 電子6個

科学技術館・アトモス

この印刷物は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託費により制作されています。



きりばこ

宇宙からやってくる放射線を見てみよう

黒い大きな箱。のぞくと白い煙りが、ふわふわと現われては消えていく。これは何だろう？



自然界を飛び回っている放射線が見える

放射線は、地球上を飛び回っている。宇宙空間からもたくさんの放射線が地球に降り注いでくる。でも、放射線は目に見えない。そこで、目に見えない放射線を見ることができるようにした装置が、「きりばこ」なんだ。

きりばこの中には、飽和(ほうわ)状態のアルコールの蒸気が入っている。空気中に含むことができる蒸気には限界がある。限界ぎりぎりまで蒸気が含まれている状態を「飽和」という。飽和状態では、ちょっと状態が変化しただけで、蒸気は液体になってしまうんだ。

きりばこの中に飛び込んできた放射線がアルコールの分子(ぶんし)にぶつかると、電子(でんし)が原子(げんし)からはじき飛ばされてしまう。そしてプラスの電気をもつイオンになる。するとまわりにあるアルコールの蒸気が、イオンを核にして集まってくる。放射線は次々にアルコール分子にぶつかりながら飛行し、放射線が通った後には、イオンを核にしたアルコールの粒が次々とできる。これが、霧のように見えているんだよ。

ポイント



「きりばこ」をしばらく見ていると、霧の出かたにもいろいろあることに気づいたかな？ 放射線には、いくつもの種類がある。それぞれもっているエネルギーがちがうので、霧の出かたにもちがいができるんだ。

もっと
知りたい!

放射線はどこにでもある

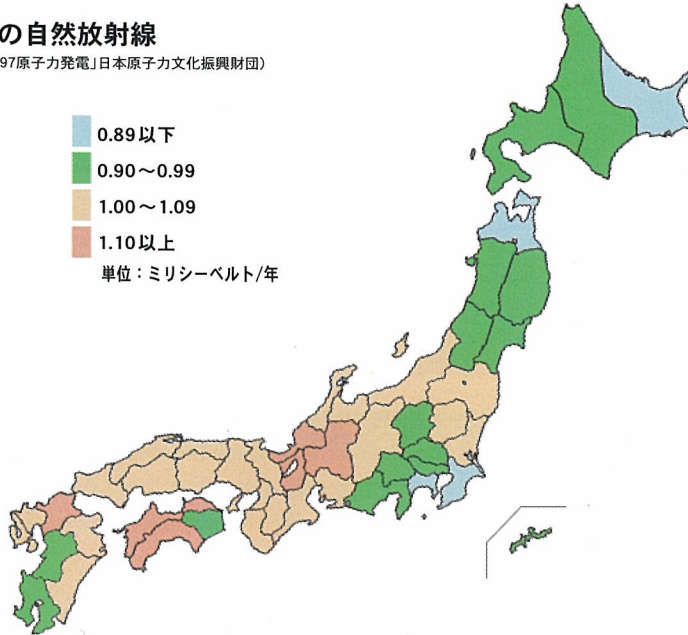
放射線は宇宙が誕生したときから、ずっと自然界に存在しているんだ。自然放射線は、大地からの放射線、宇宙からやってくる放射線である「宇宙線」、食べ物などを通じて体内に取り込んだ放射性物質からの放射線、空気中に含まれている放射性ガス(ラドンガス)からのものがある。

大地には、カリウム、ウラン、トリウムなどの自然放射性物質が含まれている。とくに花崗岩(かこうがん)が多い地域には自然放射性物質が多く、放射線も多くなっている。日本では関西地域に花崗岩が多いので、関西地方では大地から受ける放射線が高い。一方、関東地方は関東ローム層なので、大地からの放射線が低いという傾向がある。

同じ地域でも場所によって放射線は変化する。たとえば、花崗岩を壁に使っている建物では高く、宇宙線を通さないエレベーターの中は低くなるんだ。

全国自然放射線

(出典:「'97原子力発電」日本原子力文化振興財団)



放射線の種類は?

放射線には α (アルファ)線、陽子線(ようしせん)などの重荷電粒子(じゅうかでんりゅうし)があり、これらは“体重”が重いので、きりばこの中に飛跡(ひせき)をつくるんだ。これ以外にも電子線(β (ベータ)線)や、電磁波(でんじは)の γ (ガンマ)線とx(エックス)線などがあるけど、これらは“体重”が軽かったり、“波”だったりするのできりばこ中に飛跡はつくらないんだよ。

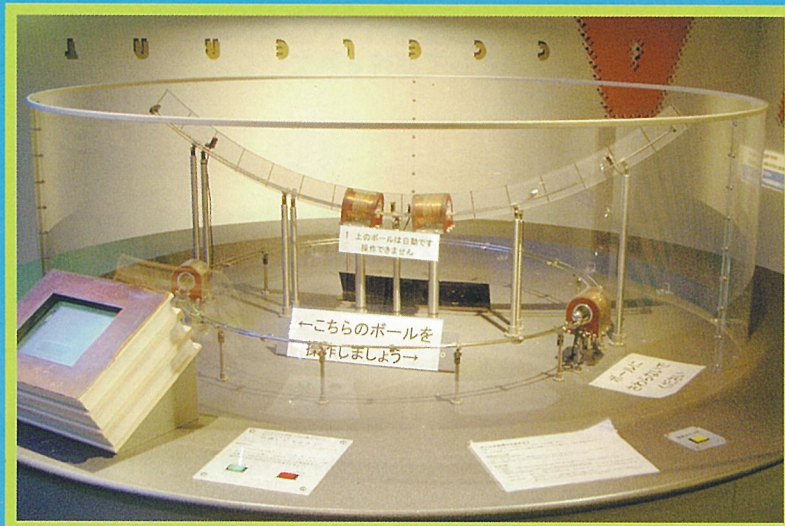
科学技術館・アトモス

この印刷物は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託費により制作されています。

コロガリトロン

君は鉄球を加速できるか？挑戦しよう！

円形のレール上に2つの電磁(でんじ)コイル。そして1つの鉄球。「コロガリトロン」は、スイッチのオンオフのタイミングによって、鉄球をどんどん加速させていくゲーム仕立ての実験装置だ。



加速器を使って微粒子(びりゅうし)を加速すると、とても細かい構造まで解析(かいせき)できる

スイッチを押すと電磁コイルに電気が流れる。すると、電磁コイルに磁場(じば)がつくられ、鉄球は磁場にひきつけられる。そのあと離すんだ。タイミングよくコイルに電気を入れたり、切ったりすると、ボールはどんどん加速できるよ。

ほんとうの加速器では、電子(でんし)や陽子(ようし)、イオンなどの粒子(りゅうし)を高い電場(でんぱ)をくり返しかけることによって粒子がもつエネルギーを増加させ、加速させていくんだ。

加速器ではどのような研究をしているのだろうか？ X線には透過(とうか)作用があり、物の内部の構造を知ることができることは「X線ビューワ」で体験したよね。同じX線でもエネルギーの高い方が、より細かい構造まで透視することができる。加速器で加速された粒子は、X線よりもはるかに高いエネルギーをもっている。加速器では、加速された高エネルギーの粒子を使って、原子や微小な物質の構造を解析したり、物質に含まれている微量な元素(げんそ)などを調べているんだ。

ポイント



スイッチをどのタイミングで入れたり、切ったりすれば、効率良く鉄球を加速できるのだろうか？ 鉄球が電磁コイルに入った瞬間にスイッチを離すのが、ベストタイミングだ。そのタイミングで加速を続ければ、ものすごい速さでレール上を走るようになるよ。

もっと
知りたい!

加速器の医療分野への応用が期待されているんだ

がんはとても多い病気だね。外科療法、放射線療法、化学療法など医療技術はどんどん進んでいるけど、まだ、がんが完全に治るという治療法は確立されていないんだよ。

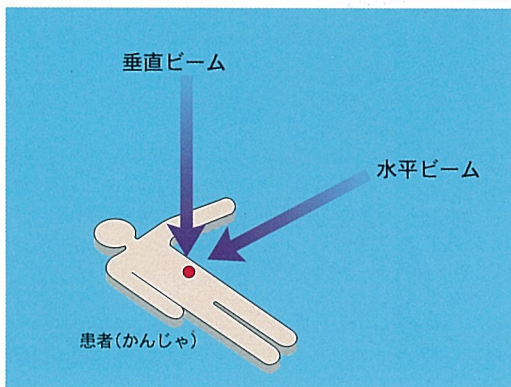
加速器についての解説なのに、どうして病気の話をするのかって？実は、加速器の利用法として、いちばん注目されているのが、医療分野への応用なんだ。特に、がんの新しい治療法として期待されている。

がん細胞をねらいうち

加速器を使った治療法は放射線治療の一種で、「重粒子線(じゅうりゅうしせん)治療」と呼ばれている。重粒子線とは、電子よりも重い粒子を高速に加速したものだよ。重粒子線のがん細胞にねらいを定めて、水平方向と垂直方向から照射して、重なった部分を重点的にやっつけるんだ。加速器を使った重粒子線治療では、正常な細胞にはできるだけ傷をつけずに、がん細胞だけを破壊(はかい)することができる。

重粒子線治療は、21世紀の新しいがん治療の有望な方法になっていこう。原子の構造を調べるためにはじまった加速器が、医療に貢献しているというのも科学技術のおもしろさだ。

体内の深さに合わせたエネルギーの重粒子線照射



科学技術館・アトモス

この印刷物は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託費により制作されています。

X線ビューワー

あれも、これも、中をのぞいちゃお！

携帯電話の中はどうなっているの？ リモコンは？ お母さんのお財布の中味は？
見たいものをボックスに入れてみよう！



X線の物を通り抜ける力で検査ができる！

X線ビューワーは、物の内部の構造を見ることが出来る装置だ。放射線の一種であるX線、もう少し詳しく言うと、軟X線の透過(とうか)作用を利用したものなんだよ。

まず、見たいものをX線ビューワーのボックスに入れてみよう。ボックスがきちんと閉まらないものはだめだよ。ボックスがきちんと閉まると、X線源からX線が照射される。X線は中に入れたものを透過、つまり通り抜けてしまう性質をもっている。

しかし、物質によってはX線が通り抜けやすいもの、通り抜けにくいものがある。通り抜けやすい所は白く、通り抜けにくい所は黒くなり濃淡の像をつくるんだよ。X線ビューワーでは、テレビカメラが蛍光板に写った像を撮影して、モニターに映し出しているよ。

ポイント



X線ビューワーで何をみたい？ のぞくと面白そうなものをいろいろ持って、ぜひもう一度来てX線で中をのぞいてみよう。カメラやフィルムはX線に感光してフィルムが真っ白になってしまうので、絶対に入れないでね。

もっと
知りたい!

レントゲンの昔と今

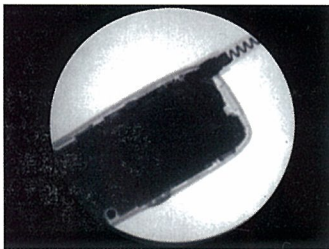
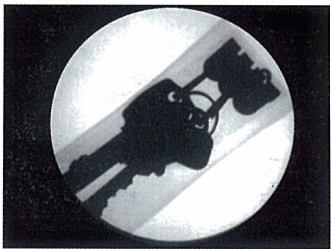
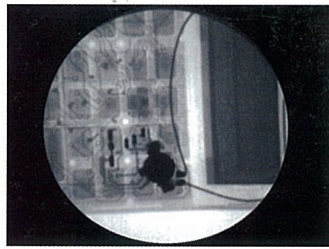
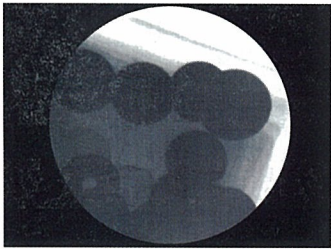
X線ビューワーと、病院にあるレントゲンは同じしくみだよ。どちらも「クーリッジ管」というX線源からX線を照射(しょうしゃ)している。

X線は、物を透過、つまり通り抜けていく性質をもっている。人間の体も通り抜けていく。でも、多量にあたると人体の細胞にぶつかって傷つけたり、破壊したりすることもある。傷ついた細胞が多くなると、健康上問題が出てきてしまうからだ。X線の量を十分(じゅうぶん)にコントロールして使えば、十分安全に利用できるんだ。

最近、同じレントゲン撮影でも、少量のX線で十分足りるようになったんだ。なぜだろうか？ 実は、X線の像を焼きつけるフィルムの感度がとてもよくなったからなんだ。フィルムの感度がよくなり、少量のX線でも、きれいな像を撮ることができるようになったんだよ。

X線ビューワーで見ると・・・

X線ビューワーのボックスにいろいろなものを入れてみたらこんなふうに見えたよ。なにを入れたのかわかるかな？



科学技術館・アトモス

この印刷物は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託費により制作されています。



原子炉のしくみ

原子炉のしくみを見てみよう

透明な原子炉の模型だから、原子炉の構造や、中で何がおきているかが一目でわかるね。原子炉を操作して、原子炉のしくみを見てみよう。



原子がもつエネルギーを発電に利用する

原子力発電の燃料の中のウラン235原子に中性子(ちゅうせいし)が衝突(しょうとつ)すると、ウラン原子が二つに割れて、熱と2、3個の中性子が出る。できた中性子が別のウラン原子に次々と衝突して分裂(ぶんれつ)が進んでいく。このように連鎖反応(れんさはんのう)をしてウラン原子の核分裂(かくぶんれつ)が進むんだ。原子力発電では、核分裂のときに出る熱で蒸気タービンを動かして発電をするんだ。

さあ、原子炉を操作してみよう。操作レバーを奥に倒すと、原子炉が運転を開始する。制御棒(せいぎょぼう)が上がっていくと、中性子の量が増えてウラン原子への衝突が増える。すると連鎖反応が進み、核分裂がさかんになって、大量の熱が発生して水を沸騰(ふつとう)させる。大量の泡(あわ)が出ているのがわかるだろう。水が沸騰すると水蒸気になり、タービンを回して発電する。電圧計を見ると、電気が発生していることが確かめられるよ。

操作レバーを手前に倒すと、制御棒が下がってくる。制御棒は中性子を吸収するので、核分裂がおだやかになり、やがて反応が停止する。

原子炉には、沸騰水型と加圧水型とがあって、この模型は沸騰水型の原子炉だよ。

ポイント



原子力発電では、原子炉の中で電気をつくっているのではないよ。核分裂によって発生する熱エネルギーを利用して蒸気をつくり、これでタービンを回して発電しているんだ。熱エネルギーを得る方法は違うけど、発電の方法は火力発電と同じなんだよ。

もっと
知りたい!

泡がたくさん出ているけど大丈夫?

原子炉を運転していると、ポコポコと泡がたくさん出てくことに気がついた?
核分裂によって出た熱が水を沸騰させるために出ている水蒸気の泡だ。泡の出かたが均一(きんいつ)になるように水流を制御しているから大丈夫なんだよ。

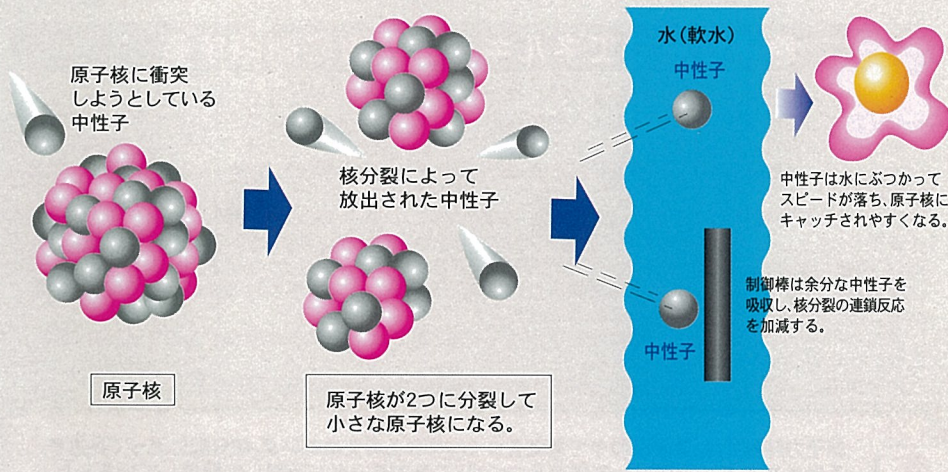
原子炉の異常時にも水が核分裂を安全にコントロール*1

*1 通常の原子炉のコントロールは制御棒で、中性子を吸収させて正確にコントロールするんだよ。
もし、原子炉に異常が起こっても次のようなしくみで水が核分裂を安全にコントロールするんだよ。

核分裂が起こりすぎると、大量の熱が発生して水が勢いよく沸騰する。つまり泡がたくさん出て、水蒸気がたくさん発生する。すると、水の量はどうなるかな?
水蒸気になった分、水は減っていくよね。核分裂は、中性子がウラン原子と衝突して起こるんだけど、中性子のスピードがあまり速すぎるとウラン原子と衝突しにくくなる。つまり、中性子が水とぶつかってスピードが落ち、ウラン原子と衝突しやすくなっているんだ。核分裂が起こりすぎて水が減ってくると、中性子が水にぶつからなくなる。すると中性子のスピードが遅くならないので、ウラン原子と衝突しにくくなる。つまり、核分裂が起こりにくくなるんだ。それで温度が少し下がり、元どおりに正常な核分裂反応が起こるようになるんだよ。

日本で使われている原子炉のほとんどが、「軽水炉」といって、原子炉に水が入っているタイプなんだ。水は原子炉の異常時にも、核分裂が安全側にコントロールできるという、とても大切な役目をもっているんだ。

核分裂反応を制御棒と水で安全にコントロール



科学技術館・アトモス

この印刷物は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託費により制作されています。

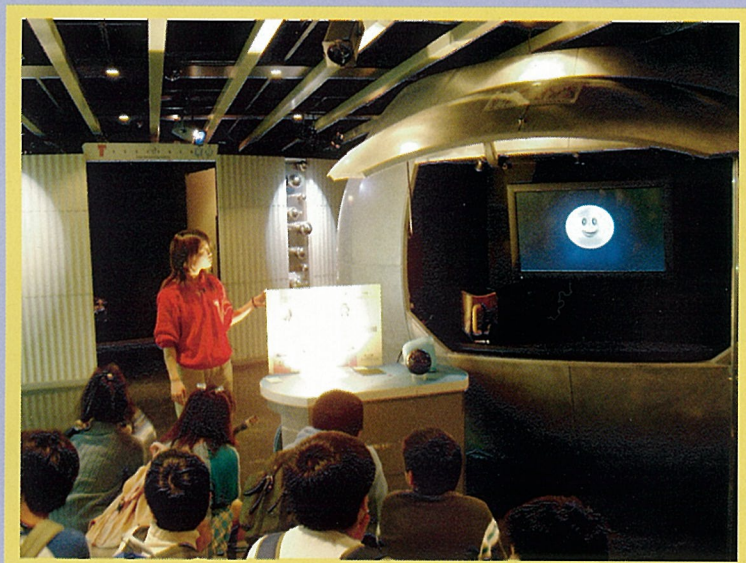


アトモスシアター

銀色の大きな球の開いた口から出てきたのは…

インストラクターのおねえさんと一緒に体験する放射線と原子のおもしろ実験室。
3つのテーマが決められた時間に始まるのであらかじめチェックしておいてね。

- 1. 放射線をさがしてみよう
- 2. 原子からのメッセージ
- 3. 魔法の国の不思議な光



1. 放射線をさがしてみよう

放射線をはかる測定器(そくていき)で、その場の放射線をはかってみるとどうなるかな? ボールを使ったシューティングゲームで放射線の種類を実験してみよう。

2. 原子からのメッセージ

黒い箱に大きなドライバーのようなものがでてきたぞ。ドライバーのようなものには、つぶつぶがついているよ。ここから何かを出しているのかな? 箱の中を見ることができるかな?

3. 魔法の国の不思議な光

見た目は同じなのに、箱の中に入れると模様(もよう)が光る玉と光らない玉がある。インストラクターのおねえさんは箱に入れるまえに光る玉と光らない玉を見分けることができるのはどうしてだろう?

ポイント



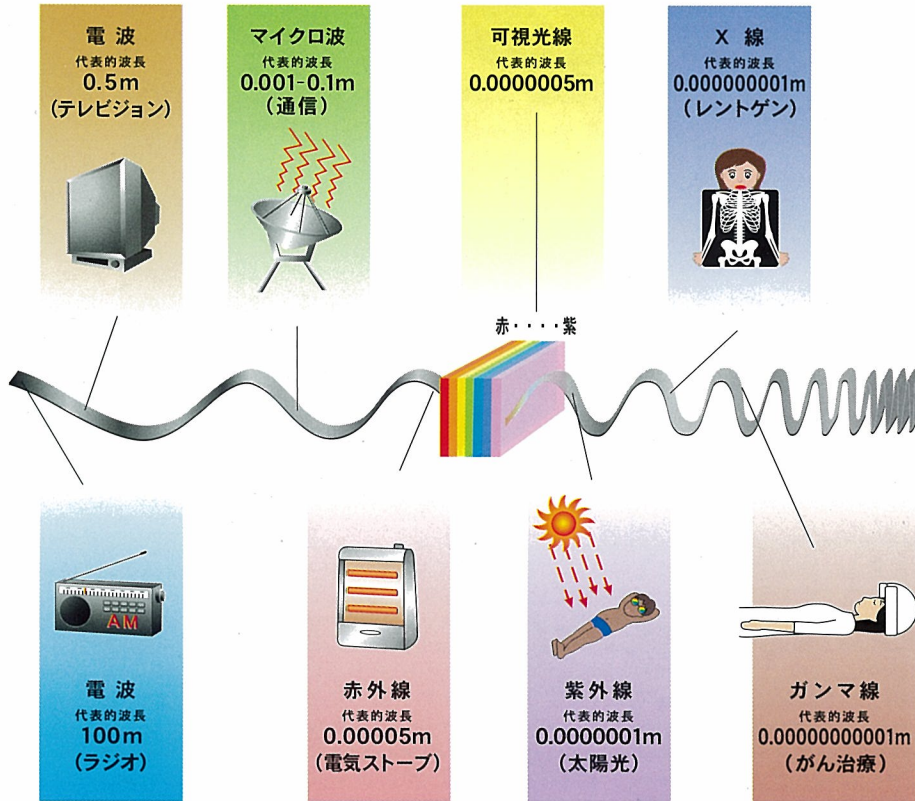
光には目に見える光と目に見えない光の2種類があるんだね。目に見えるか見えないかは、光の波の長さつまり波長(はちょう)の長さで決まるんだ。目に見えない光のなかまにはいろいろな種類があるよ。

もっと
知りたい!

光の仲間

このイラストは光の仲間たちを表していて、アトモスシアターでも同じようなイラストを使っているよ。光はその波長の違いによっていろいろな種類があるんだね。波長の短いX線やガンマ線などは放射線といわれる仲間なんだ。

放射線には波の仲間(電磁波)以外にも、つぶ(粒子)状のものもあり、自然界では宇宙からとんできもの(宇宙線)もあるんだよ、これらはアトモス展示室の「スパークチェンバー」と「きりばこ」で観察(かんさつ)できるよ。



科学技術館・アトモス

この印刷物は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託費により制作されています。