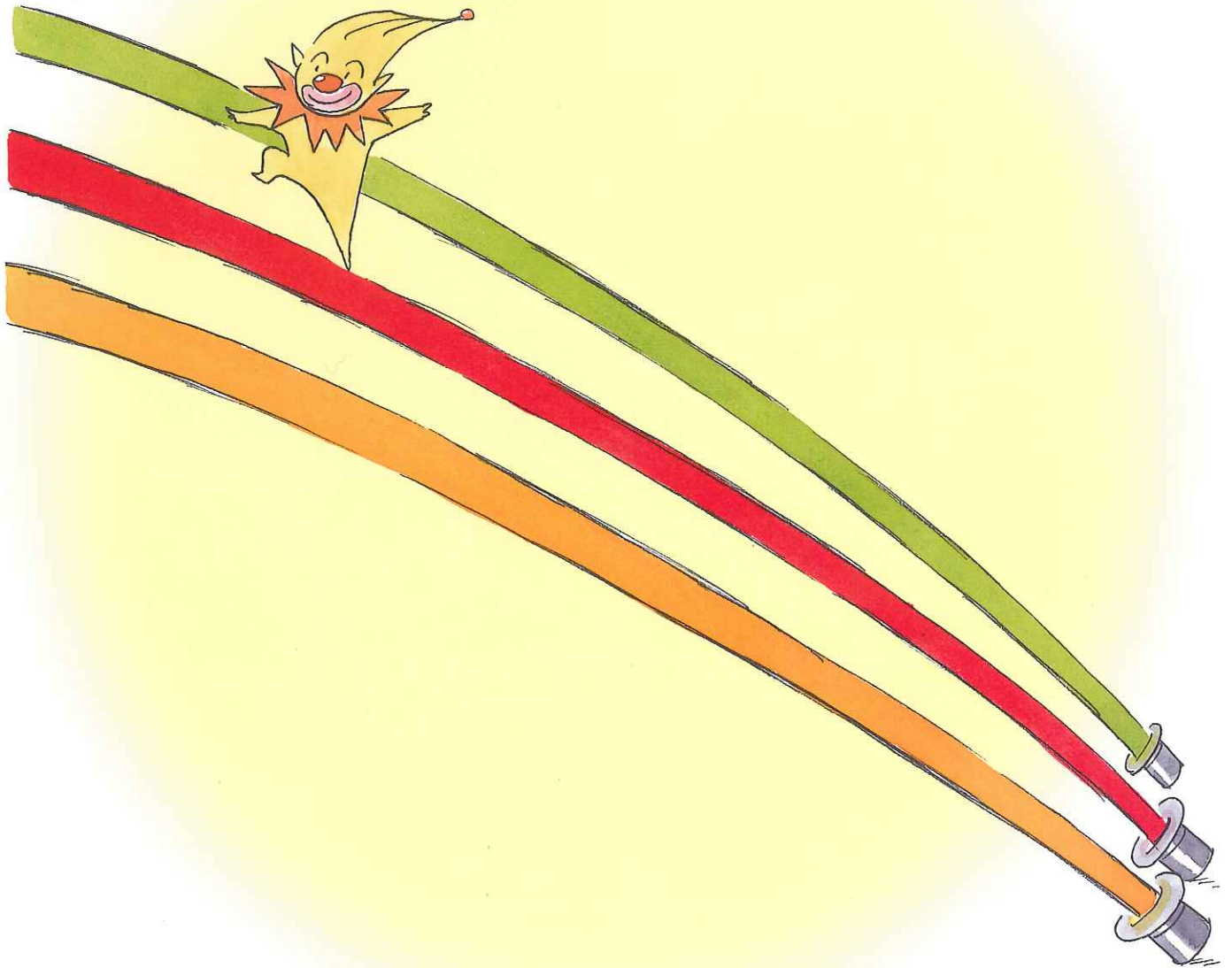


がっけん とし けんきゅうじょ
けいはんな学研都市の研究所
どくりつぎょうせいほうじん にほん げんしりょく けんきゅうかいはつ きこう
独立行政法人 日本原子力研究開発機構 JAEA
かんさいひかり かかく けんきゅうじょ
関西光科学研究所のとりくみ


関西文化学術
研究都市

みらい ひら
レーザーで未来を拓く



科学のまちの子どもたち
CHILDREN WHO LIVE IN THE SCIENCE CITY プロジェクト

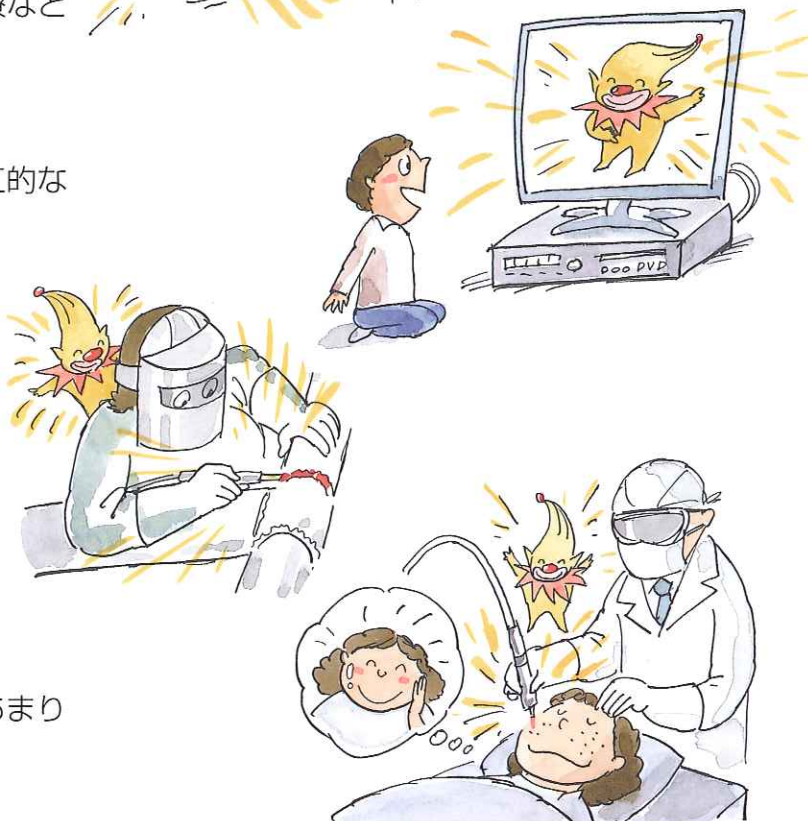
レーザーは私たちの身近なところでたくさん使われています。たとえばCDやDVDなどの音楽や映像を再生したり記録するのにレーザーが使われています。

また金属の切断や溶接、眼や皮膚の治療などでも広くレーザーが利用されています。



レーザー光は自然界には存在しない人工的な光です。光は波の性質をもっていますが、レーザー光には普通の光と異なるいくつかの特徴があります。

太陽の光はいろいろな波長(山から山までの長さ)の光を含んでいます。けれども、レーザー光の波長は単一です。そのためレーザーの色は単色になります。(*1) また、レーザー光は、電灯などの光とは違い、あまり広がらずに遠くまでまっすぐに進みます。



光の2つの波を重ね合わせるとき、2つの波の山と山が一致すると強め合って明るくなり、山と谷が重なれば打ち消しあうので暗くなる現象が起こります。(*2) レーザー光は、山や谷がきれいにそろった連続した波なので、普通の光と比べて、この現象が強く現れます。そして、エネルギーの密度が高く、とても明るいのもレーザー光の特徴です。(*3)

けいはんな学研都市にある関西光科学研究所は、こうしたレーザー光についての世界最先端の研究開発を行っています。

*1 「光の波長と色」については、「さらに詳しく知るために」に解説があります。

*2 「波の干渉」と呼ばれます。

*3 レーザー光をレンズを使って集めれば、非常に強いエネルギーを一点に集中させることができます。金属材料を切断、溶接するレーザー加工はレーザーのこうした性質を応用したものです。

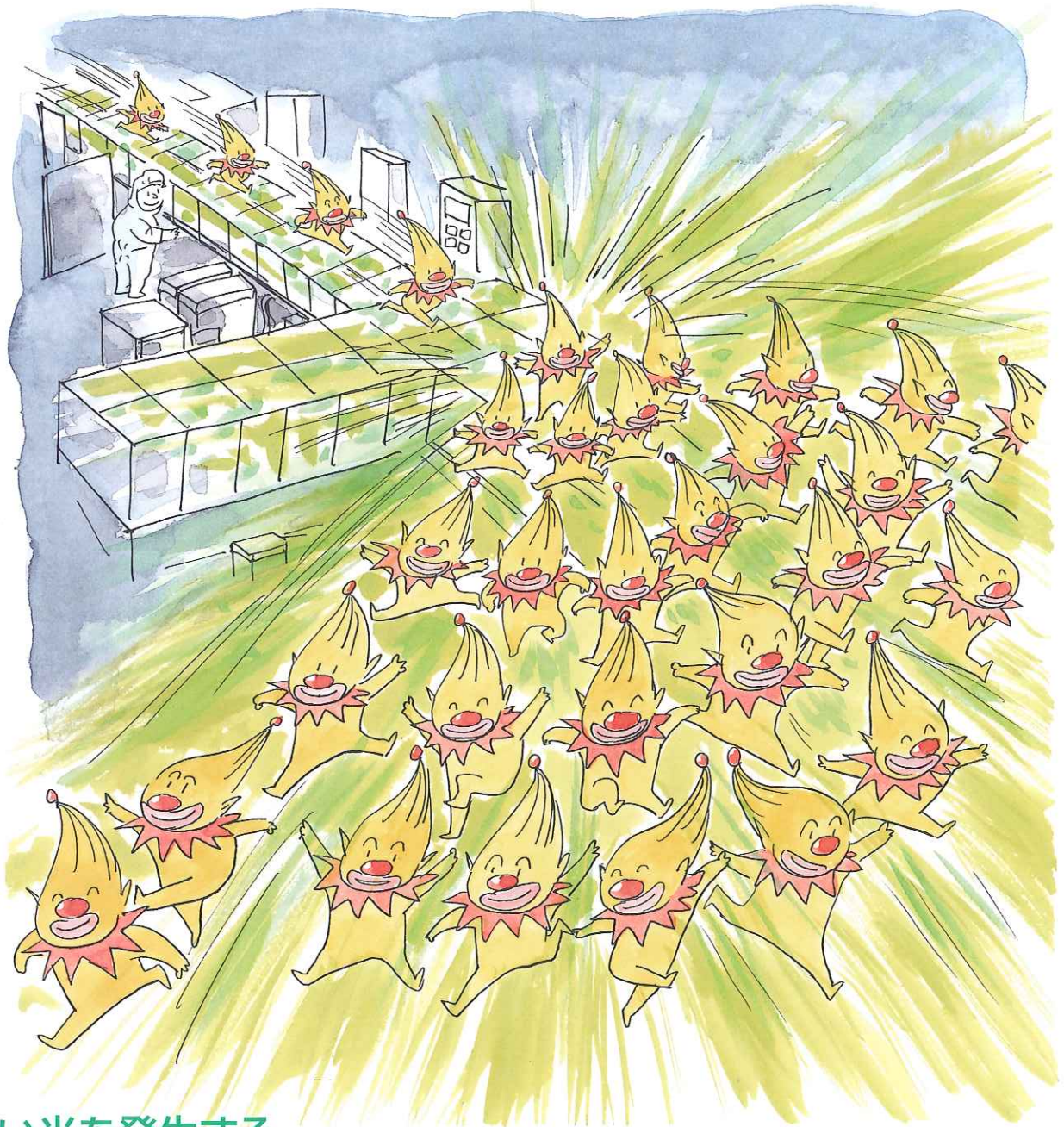


X線レーザーによる ミクロの世界への挑戦

X線は光と同じ電磁波^{でんじは}(*1)の仲間です。私たちがいつも目にする光^{かしこうせん}(可視光線^{かしかうせん}*2)よりもずっと短い波長^{はちよう}をもっています。関西光科学研究所は、X線をレーザー^{かしこうせん}にすることに成功し、今までは見えなかったとても小さいものや、ほんの一瞬のできごとを観察する研究を行っています。(*3)

*1 電磁波、 *2 可視光線 については「さらに詳しく知るために」に解説があります。

*3 私たちが普通の顕微鏡を通して見ることができるのは、光の波長以上の大きさのものだといわれています。そこで、波長の短いX線レーザーを使うと物質^{ぶつしつ}を構成する分子^{ぶんし}などとても小さいもの^みを観察^{くわんさつ}することができます。また、このレーザーは光っている1回1回の間がほんの一瞬^{いっしゆん}なので、絶えず動いている細胞^{さいぼう}などの一瞬の変化を観察することができるのです。



強い光を発生する 高強度レーザーの実現

関西光科学研究所では、光る時間が一瞬で、その一瞬のあいだに出されるパワーがとても大きなレーザー（高強度レーザー）を開発しました。(*1)

一回のレーザーが光っている時間は約30兆分の1秒（0.000000000000003秒）(*2) というとても短い時間ですが、そのときに最高850兆ワット（8500000000000000ワット）(*3) もの強い光を出すことができます。

研究所では、高強度レーザー装置で発生させた強い光を物質にあてて、粒子線(*4) を発生させる研究を行っています。

*1 正式には、きよくたん極短パルスちようこうきようど超高強度レーザーと呼ばれています。

*2 1秒間に地球を7周半する光（秒速30万キロメートル）がわずか0.01ミリメートル（10ミクロン）進む時間です。

*3 100ワットの電球8.5兆個分にあたります。

*4 粒子線については「さらに詳しく知るために」に解説があります。



高強度レーザーを からだに優しい粒子線がん治療へ

からだを切らずにがんを治療することができる最先端の治療法として注目されているのが粒子線がん治療です。

関西光科学研究所は、粒子線の発生と加速に高強度レーザーを使うことで、粒子線がん治療装置を今よりもずっと小型化することを目指しています。(*1)

高強度レーザーを使って陽子などの粒子をものすごい速さに加速し、加速した粒子をがん細胞だけを狙ってぶつけることで、周囲の正常な細胞へのダメージを抑えながら、がんの病巣を効果的に壊すことができます。(*2)

*1 現在でも粒子線がん治療が行われています。ところが現在使われている治療装置はとて巨大で、設置するためには体育館のような大きな建物が必要となります。その建設には莫大な費用がかかるため、現在は施設の数も少なく、患者が負担する治療費も高額なものになっています。

*2 粒子線は加速によって高い運動エネルギーをもちますが、体内のがん細胞の近くで大きなエネルギーを放出するようにエネルギーを調整することができます。がん細胞にたどりつくまではエネルギーが極めて低いので、正常な細胞へのダメージを抑えながら、がん細胞を狙い撃ちできるのです。



(独) 日本原子力研究開発機構
光医療研究連携センター



振興調整費

この研究は文部科学省科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成「光医療産業バレー」拠点創出」の一環として実施しています。

さらに詳しく知るために

光の波長と色

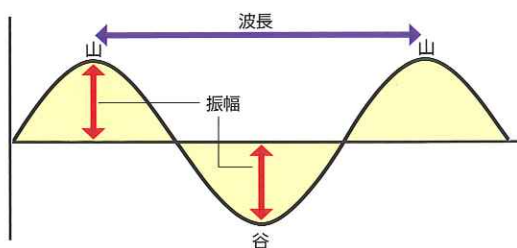
光は波の性質をもっています。しかし、蛇行して進むわけではなく、まっすぐに進むものです。光をかたち作っている電場と磁場というものが大きさ（振幅）を変えながら波のように進みます。この波の山から山までの長さを**波長**といいます。

いつも私たちが目にする光である**可視光線**は、波長によって光の色が決まっています。

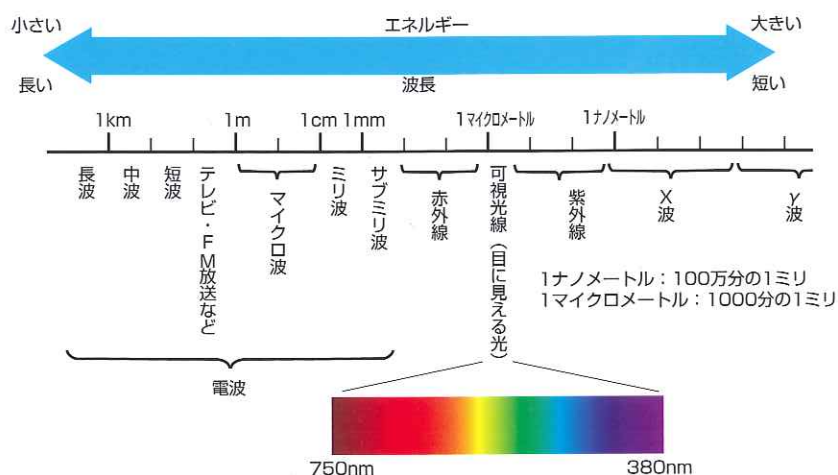
波長の長いものから書くと次のようになります。

赤色 > 橙色 > 黄色 > 緑色 > 青色 > 藍色 > 紫色

雨上がりの空に虹がかかると様々な色を見ることができるのは、太陽の光に含まれていたさまざまな波長の光が分かれて見えるからです。また、赤より波長の長い光を**赤外線**、紫色より波長の短い光を**紫外線**、とよんでいます。これらは人間の目には見えませんが、特別な器械を使うと見ることができます。そして、人間の目に見える光も、見えない光も全部をひっくるめて**電磁波**とよんでいます。



さまざまな電磁波



緑色の葉をもつ植物が太陽の光をエネルギーとして吸収し光合成を行っていることからわかるように光はエネルギーでもあります。光には波とエネルギーの二つの性質があるのです。

そして光のエネルギーの強さは波長が短いほど大きいことがわかっています。

紫色の光より紫外線の方がエネルギーとしては強いのです。この性質を利用して紫外線は殺菌に使われています。けれども、エネルギーが強いため、太陽からやってくる紫外線は、日焼けの

原因になり、時には皮膚がんを引き起こすことがあります。

紫外線よりもっと波長の短い電磁波にX線があります。これは生物のからだも通り抜ける性質（透過力）があるため、レントゲン写真に利用されています。空港の手荷物検査で使われているのもX線です。また、それよりも波長の短い電磁波は放射線の一種であるγ（ガンマ）線です。これもエネルギーが非常に強いので、殺菌に使われています。病院で使う注射器や手術用の手袋などは、このγ（ガンマ）線で殺菌されているものが多いのです。またじゃがいもにγ（ガンマ）線を照射すると、発芽がおさえられて長く保存することができます。

反対に波長の長い赤外線はどうでしょうか。エネルギーはそれほど強くありませんが、物にあたるとその中で熱エネルギーに変わる働きがあるため、ヒーターなどに利用されています。もっと波長が長いのはラジオやテレビや携帯電話の信号を送る電波です。エネルギーは弱いのですが、遠くまで広がる性質があるので、通信や放送などの長距離の情報通信に使用されています。

（「やまびこ通信」（けいはんな文化学術協会発行）2007年12月号より）

物質と分子・原子

例えばコップ1ばいの水をどんどん分割していくと、ついにはそれ以上分割すると水の性質を失ってしまうような微粒子にいきつきます。このように物質の性質を示すもっとも小さな粒子を**分子**といいます。コップ1ばいの水は、水分子が集まっている状態です。

分子をさらに分割すると**原子**になります。原子は化学的にそれ以上分割できない微粒子で、水分子は酸素原子と水素原子からできています。

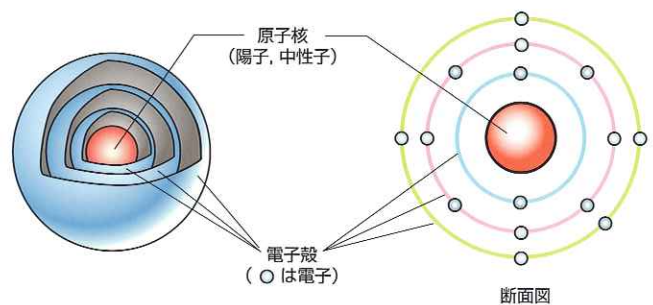
原子をつくっている粒子と粒子線

原子をつくっている粒子は、**陽子**、**中性子**、**電子**の3種類です。

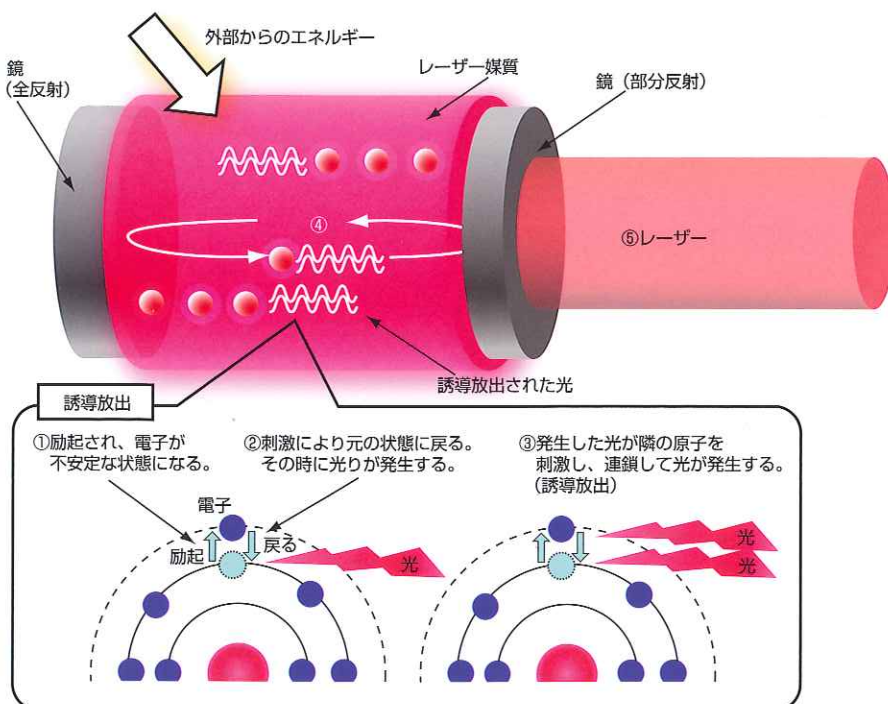
+ (プラス) の電気を帯びた粒子が**陽子**で、電気を帯びていない粒子である**中性子**と共に**原子核**を構成し原子の中心にあります。- (マイナス) の電気を帯びた粒子である**電子**は原子核を中心とした同心円上を回っています。原子の中の陽子の数と電子の数が同じ数、つまり、プラスとマイナスが打ち消されているときは「電気的に中性」ですが、原子の中のプ

ラス(陽子)とマイナス(電子)の数が異なるときは「**イオン**」と呼ばれます。イオンは、プラスが多い場合には反対の電気的な性質をもつマイナス電荷に、また、マイナスが多い場合はプラス電荷に引き寄せられる性質をもっています。この引き寄せ合う性質を利用して、私たちはイオンを光の速度まで高速にすることができます。

原子を構成する粒が群れになって飛んでいる状態が**粒子線**です。粒子線には**陽子線**(陽子の数が1個の水素イオン)や**炭素イオン線**(陽子の数が6個の炭素イオン)などがあります。



レーザー発生のしくみ



- ①外部からのエネルギーで不安定な状態になったレーザー媒質内の原子が
- ②安定な状態に戻るときに光を発生します。
- ③その光が隣の原子を刺激し全く同じ波長、方向の光が発生します。(これを**誘導放出**といいます)
- ④誘導放出された光が両側の鏡に反射して何度も往復する間に他の原子を刺激し、光がどんどん強くなっていきます。
- ⑤両側にある鏡のうち片側は光を少しだけ通過させることができる特殊な鏡です。その鏡を通過して出てきた光が「レーザー」です。



(独)日本
原子力研究開発
機構 関西光科学
研究所

“光”を科学する開かれた研究所

関西光科学研究所は「光」の研究を行っている研究所です。その「光」の中でもレーザー光や放射光のような新しい量子ビーム開発、その応用技術及び利用研究を展開しています。レーザー光の研究はけいはんな学研都市の木津地区の研究所で、放射光の研究は播磨地区のS Pring-8で行われています。

木津地区 ● 〒619-0215 京都府木津川市梅美台8-1
TEL.0774-71-3000

URL <http://www.wapr.kansai.jaea.go.jp>

播磨地区 ● 〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL.0791-58-0822



きっづ
光科学館
ふおとん

“光”の不思議にふれてみよう!

関西光科学研究所に隣接している「きっづ光科学館ふおとん」は「光」をテーマに、子どもたちの「科学する心」を育み、広く一般の方々に光科学技術に親しんでいただくことを目的としてつくられた「光の科学館」です。

光の基本的な性質からレーザーのような最先端の光利用技術まで、展示や映像そして実験・工作を通して、楽しみながら学ぶことができます。

〒619-0215 京都府木津川市梅美台8-1

TEL.0774-71-3180 URL: <http://www.k-photon.com>

絵本の刊行に際して

けいはんな学研都市には世界に誇るべき研究所がたくさん集まっています。

私たちは、この絵本で、それらの研究所がどんな研究をしているのかを、できるだけわかりやすく伝えたいと考えました。

研究所の取り組みを知ることは、私たちのまち「けいはんな」を知ることにつながります。

「けいはんなには、こんなすばらしい研究に取り組んでいる研究所があるんだ!」ということを知って

このまちに住むことを誇りにして欲しいと思うのです。

今回取り上げた研究所は、日本原子力研究開発機構 関西光科学研究所です。

関西光科学研究所の研究の一端を知ることを通して、

レーザーや粒子線がん治療への関心を深めていただければと思います。

(2009年2月 「科学のまちの子どもたち」プロジェクト事務局)



監修 ● (独) 日本原子力研究開発機構 関西光科学研究所

絵 ● さいとうあやこ (京都精華大学マンガ学部講師)

ブックデザイン ● いのうえなおこ (スタジオフィッツ)

編集 ● 「科学のまちの子どもたち」プロジェクト事務局

協力 ● 高橋克忠 (けいはんな文化学術協会代表)

● 長岡良富 (けいはんな新産業創出・交流センターセンター長)

● 川口典子 (奈良学園登美ヶ丘中学教諭)

発行 ● (財) 関西文化学術研究都市推進機構

〒619-0237

けいはんな学研都市 (京都府精華町光台1丁目7)

けいはんなプラザ 交流棟3F

TEL.0774-95-5105 URL:<http://www.kri-p.jp>