



弱理の部屋64

## レーザーで冷やす？

レーザーというと、一昔前まではSF映画や特撮番組に出てくる光線銃？ってイメージだったかもしれませんが、コンサートや歌番組で使われたり、レーザーポインタの普及で身近になりました。また、CDやMDの読みとり部分にも使われているので、知らず知らずのうちにレーザーを持ち歩いているかもしれません。さらに、レーザーを使った手術もありますね。レーザー光をレンズでほぼ一点に集めたレーザーメスで細胞を焼き切るので、出血の少ない手術ができるようになりました。でも、細胞を焼き切るくらいですから、レーザーをあてて熱くするならともかく、レーザーで冷やすというのはいったいどういうことなのでしょう？

その前に、熱いとか冷たいというのはどういうことでしょうか。例えば、空気はほとんど窒素や酸素の分子でできていますが、これらの分子は秒速数百メートルという猛スピードで飛びまわって、お互いに衝突を繰り返しています。この飛びまわっているスピードは、温度が高いと速くて、温度が低いと遅くなります。ですから、分子が飛びまわっているスピードを遅くすれば、温度を下げたことになるのです。

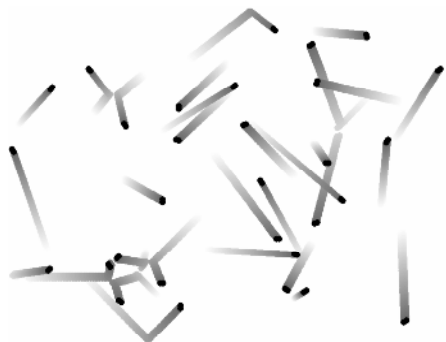


図1.分子が飛びまわっているイメージ

レーザーで冷やせるのは空気ではありませんが、ルビジウムやリチウム、ナトリウムといったものの気体、つまり原子が飛びまわっているものです。

原子はある決まった波長の光(決まった色の光)を吸い取ったり、また同じ波長の光を出したりします。例えば、ナトリウム原子が出すオレンジ色の光は、きっと見たことがあるでしょう。よくトンネルの中で使われていた低圧ナトリウム灯(但し、最近は高圧ナトリウム灯というオレンジ色でも白っぽい色のものがよく使われています)は、このオレンジ色の光だけを出すので、トンネルに入るとまわりの車の色がわからなくなりました。また、料理をしていて鍋を吹きこぼすと、コンロの炎が鮮やかなオレンジになりますが、これも塩(塩化ナトリウム)に含まれているナトリウムが出した光なのです。

このふたつのオレンジ色の光をあわせたのが写真1です。背景は低圧ナトリウム灯の明かりで、その手前に塩をふったアルコールランプを置いています。すると、炎の中のナトリウム原子が低圧ナトリウム灯の光を吸ってしまうので、アルコールランプの本体だけでなく炎までシルエットになるのです。でも、さ

っきまでオレンジ色に光っていた炎が、低圧ナトリウム灯の前に置いたとたん黒くなるなんて、なんだか変ですよ。実は、この炎は黒くなっているわけではありません。確かに炎の中のナトリウム原子は低圧ナトリウム灯の光を吸っていますが、もともと炎が出していたオレンジ色の光だけでなく、さらに低圧ナトリウム灯から吸った分の光も出しているのです。炎は黒くなるどころ明るくなっているのです。ただ、吸った光は低圧ナトリウム灯から炎を通してカメラの方へやってくるようにして光ばかりなのに、炎からは四方八方に光が出ています。このため、低圧ナトリウム灯からカメラに向かってくる光は炎によって減ってしまったので、炎がシルエットのように見えているのです。



写真1.暗く見える炎

話がだいぶ脱線したような感じですが、レーザーで冷やすときには、これと同じことが起きているのです。今、レーザーの方へ秒速数百メートルで飛んでいるナトリウム原子にレーザー光をあてるとします。原子は、光を吸っては出し吸っては出し...しますが、光を吸うたびにその衝撃でスピードダウンして、光を出すたびに出した光とは反対方向に反動を受けます。光は原子から四方八方に出ていくので、光を何度も吸っては出すうちに反動は打ち消しあってしまうのです。こうして、ナトリウム原子はレーザー光を吸って出し吸っては出し...しているうちにどんどん減速して、ほとんど止まってしまうのです。

でも、そのままレーザー光をあて続けていると、原子は反対方向に加速してしまいます。そこで、原子にあてるレーザー光は、ナトリウムがちょうど吸う光より少しだけ波長の長い光(赤よりの光)にしてあるのです。こうすると、レーザーの方へ向かって飛んでいる原子にとっては、ドップラー効果によってちょうど吸いやすい波長の光になりますが、既にほとんど止まっている原子や、他の方向に飛んでいる原子は、あまりレーザー光を吸えなくなるのです。さらにレーザー光を上下左右前後の6方向からあてることで、あらゆる方向に飛んでいる原子のスピードを遅くする、つまり温度が下がります。このような方法であつという間に-273.149 以下まで温度を下げる事ができるのです。-273.15 より低い温度はありませんから、この温度を0度とした絶対温度でいうと1000分の1度以下になったこととなります。

でも、レーザーで高性能の冷蔵庫ができるわけではありません。では、いったい何ができるのでしょうか？それはまた次の機会に...

(長谷川 能三：大阪市立科学館 学芸員)



2005年は世物理年