原子照らす刹那の光

X線自由電子レーザー施設 SACLA来月7日稼働

未知の領域 解明へ

手前の直線の建物がさくら、奥のリングのような建物がスプリング8

兵庫県佐用町に完成したエックス線自由電子レーザー施設「SACLA（さくら）」の利用が、3月7日から始まる。10兆分の1秒以下という短時間に、太陽の1千京倍（100億倍のさらに10億倍）という極めて明るい光でナノの世界を照らす「夢の光」。これまで速すぎて観察できなかった原子・分子の動きを把握でき、未知の領域が解明できると期待されている。（吉根川浩也）

さくらが見ようとするのは「原子や分子1個単位の」ナノの世界」。原子の直径はおおむね0・1ナノメートル（1メートルの1千万分の1）。例えると、月面の虫を地球上から観察するぐらいの感覚という。さくらの隣にある大型放射光施設「スプリング8」でも、虫の大群が規則正しく整列し、静かに止まっていれば観察できたが、さくらだと、飛び交う虫1匹の羽ばたきまで写せる能力がある。

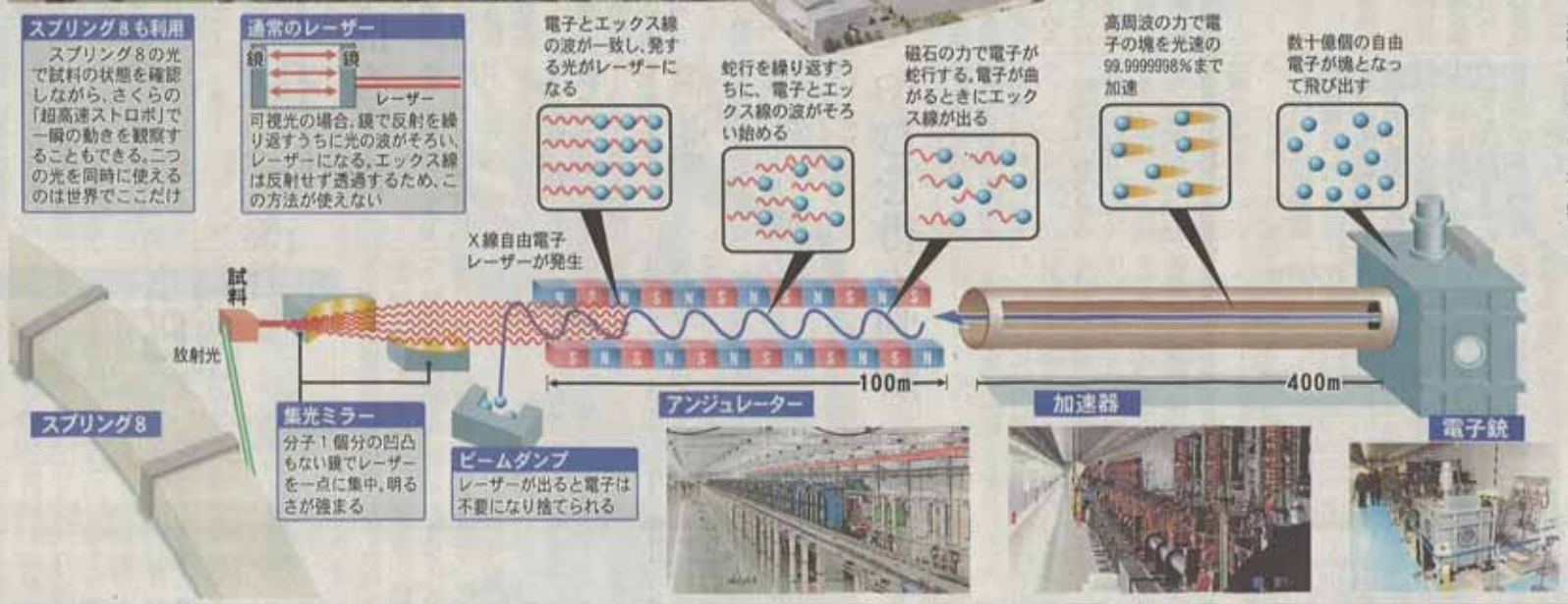
そんなことを可能にする光の正体は、医療現場でも使われる「エックス線」の「レーザー」だ。さくらのエックス線は波長（波の間隔）が0・06ナノメートルと原子より小さく、ナノの世界を鮮明に照らすことができる。しかも透過力が強く物質の内部まで観察できる。

スプリング8もエックス線を使っているが、さくらの大きな特徴は「レーザー」であること。レーザーは光の波がきれいにそろった状態で、明るさが飛躍的に増し、対象を鮮明に見ることができる。会議などで使われるレーザーポインターが遠くの小さな点を明るく照らすのも、波がそろっているからだ。

エックス線にレーザーの特徴が加われば、光の波がそろいのスプリング8より鮮明に原子を観察できるのだが、これまではエックス線をレーザーにする方法がなかった。通常のレーザーは、光を鏡で何度も反射させて波をそろえる。エックス線の場合、もう一つの特徴である「透過力」が強く、鏡を突き抜けてしまうのだ。

1980年代になって、磁石の力で電子を蛇行させる「アンジュレーター」という装置でレーザーを作る理論が出てきた。電子は進路を曲げられると前方にエックス線などの光（放射光）を放つ。それが蛇行を繰り返すうちに、電子の粒が光の波と同じ間隔に並び、やがて発生する光がレーザーになっているという仕組みだ。

明るさ 太陽の1000京倍

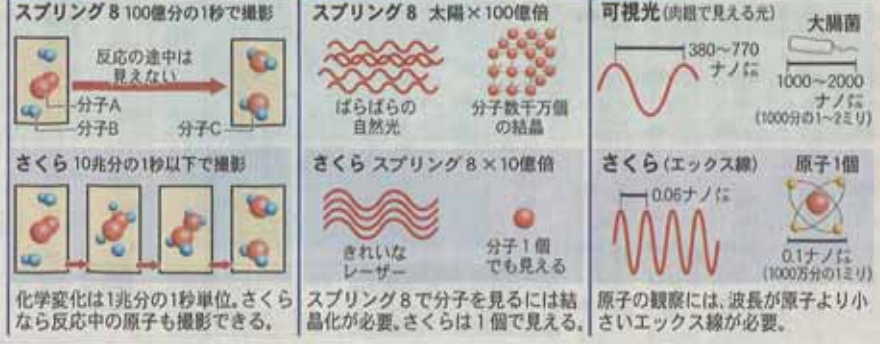


特徴は？「明るく」て「速い」

さくらの最大の特徴は「明るく」「速い」光であること。

さくらはレーザーになることで、太陽の100億倍明るいスプリング8の、さらに10億倍明るい光を出す。発光時間は、光でも0・03ナノ秒しか進めない10兆分の1秒以下。いわば「超高速ストロボ付きの顕微鏡」ということだ。

化学変化の際、原子は1兆分の1秒単位という猛烈な速さで移動しているため、100億分の1秒というスプリング8のストロボ速度でも、その姿を捉えることができなかった。さくらの超高速ストロボなら、発射された弾丸を静止画のように写す要領で、原子・分子の動きを捉えることができる。



使い道は？ 新薬開発に期待

さくらの利用が最も期待されるのは、あらゆる細胞を包む膜の表面にある「膜タンパク質」と呼ばれる物質の構造解析だ。将来の新薬開発の鍵を握っていると言われている。

スプリング8で観察するには、数千万個のタンパク質を規則正しく並べて結晶にする必要があり、実質的に不可能だった。結晶化しなくても解析できるさくらのレーザーで膜タンパク質の構造が明らかになれば、高血圧や糖尿病、さらにはがんをはじめとする「難病」の治療薬開発にも弾みがつくという。

解析には、約100万枚の画像が必要と試算されるが、さくらには、膨大な情報量を処理できる心強い“パートナー”がいる。神戸市に今秋完成する世界最速のスーパーコンピューター「京」だ。京を運用する計算科学研究機構のチームリーダー杉田有治氏（42）は「さくらで観察した構造をもとに、タンパク質の動きをシミュレートできる。そうなれば、創薬への応用がさらに高まる」と話す。

2012、13年度で5億円を投じさくらと京を連携する情報インフラを整備。データ転送がスムーズになり、効率的に解析作業が進む。

世界では？ 米、独で計画先行

	欧州	日本	米国
全長	3.4キロ	0.7キロ	4キロ
波長	0.05ナノ	0.06ナノ	0.12ナノ
建設費	1100億円	390億円	490億円
完成	2015年	2011年	2009年

エックス線自由電子レーザーは、アメリカとドイツで計画が先行していた。日本で検討が始まったのは1999年からだったが、スプリング8の技術を応用し、世界で最も小型で短波長化を実現した。

2009年、アメリカのスタンフォード大学で発振に成功。この施設は全長約4キロ、波長は0・12ナノメートル。発振に必要なエネルギーは「さくら」の倍近く、さくらの方が省エネで細かく観察できる能力がある。

ドイツでは欧州連合（EU）などの共同事業で、15年に完成の予定だ。波長は0・05ナノメートルとさくらより並みだが、大きさは全長3・4キロもある。日本の方式が最もコンパクトで安くできるため、韓国やスイスでも導入が計画されているという。