読売新聞　2004年4月28日朝刊に掲載

強い光で電子を操作

「強光子場科学」という新分野が、勢いを増している。極めて強い瞬間的な光を、物理現象の解明や化学反応の制御に役立てようというものだ。東京大を中心に、官民の幅広い研究者が連携を深めており、日本が世界をリードする研究拠点となりつつある。　（増満　浩志）

化学反応制御が可能に

官民連携　日本が一大研究拠点

物質を構成する原子は、プラスの電気を帯びた原子核と、マイナスの電気を帯びた電子からできている。電子は、プラスとマイナスの間に働く電気的な引力を受けながら、原子核の周りをぐるぐると回っている。

この引力というものを、専門家たちは「場」という考え方でとらえている。すり鉢状の競輪場を思い浮かべると分かりやすい。この場合は、地球の重力が引力だ。自転車は、静止しているとすり鉢の中心部へ落ちて行ってしまうし、速く走り過ぎれば場外へ飛び出してしまう。電子も、電気的に作られたすり鉢状の〝競輪場〟（電場）を、引力とちょうど釣り合う速さで回っていると考えるのだ。

一方、光は、電気と磁気がゆらゆらと変動する波（電磁波）だ。これが原子に当たると、電場が乱れる。ただ、日常的な強さの光なら、その波は非常に弱いので、いわば競輪場の走路が少しへこむ程度で、たいした影響はない。

ところが、極めて強力なレーザー光を発生させる技術が、約十五年前に米国で開発された。

この光の電気的な波は、瞬間的には世界の電力消費を上回るほどの強さなので、電場が大変形する。つまり、競輪場全体がゆがみ、電子の動きが変わる。すると、電子に引っ張られている原子核にとっても、電場が変形する。「レーザー光をうまく調節して照射すれば、電場を自在に変形し、電子や原子を操れるのではないか」。強光子場科学は、そんな発想で七、八年前に動き出した。

応用法として、まず着目されたのが、化学反応の制御。原子核を通常とは異なる方向へ誘導し、他の原子との結合を強めたり弱めたりするわけだ。

山内薫・東大教授は、お酒の成分でもあるエタノールの分解に取り組んでいる。近赤外線のレーザー光を通常の強さで当てると、二つの炭素原子の間の結合が切れるが、炭素と酸素原子の間の化学結合は切れなかった。しかしこのレーザー光を非常に強くすると、炭素―酸素間の化学結合も切れることが分かってきた。

さらに、パルス（瞬間的に輝く光）を連発するなど、レーザーの波形を様々に変えて、炭素―酸素間が切断される割合を増やそうと試みている。たとえば、炭素―炭素間が切れにくいよう、一つ目のパルスで電場を変形させ、さらに二つ目のパルスで炭素―酸素間が切れるように誘導する。

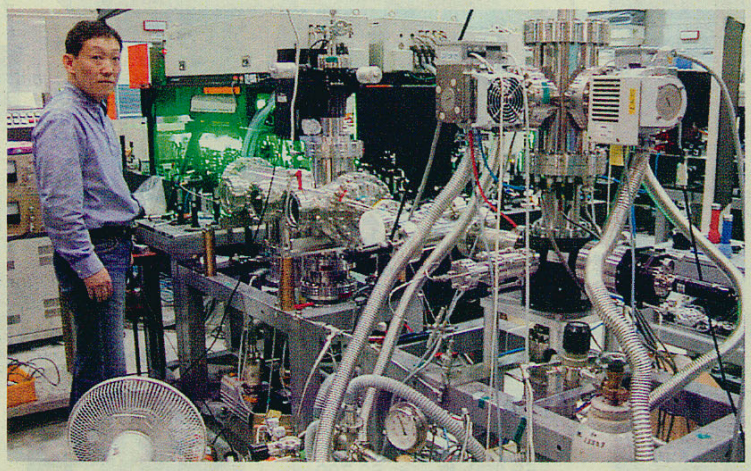
山内教授は「将来は、通常は起きない反応を起こすことも可能になるのではないか」と期待している。

化学反応の制御と並び、超短時間のパルス創出も、強光子場科学の中心課題となっている。「電場が変形して電子の動きが変わる時、周波数が非常に高くて時間幅の短いパルスが、電子から放出される」と、理化学研究所の緑川克美・主任研究員は説明する。

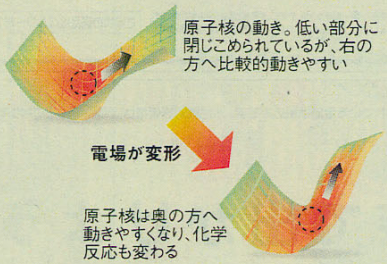
東大物性研究所の渡部俊太郎教授らは、数フェムト秒（フェムトは一千兆分の一）の強いパルスを作るのに成功しており、さらに今年、レーザー装置を大幅に改良。「年内には一フェムト秒を割れる」と見込んでいる。

世界の研究者は今、フェムト秒より一けた小さい数百アト秒（アトはフェムトの千分の一）のパルス作りにしのぎを削っている。というのも、電子が軌道を一周したり、原子内の電子同士が影響を及ぼし合ったりする現象が、数百アト秒刻みで起きるとみられているからだ。百アト秒単位のパルスをフラッシュライトとして使い、状態変化を〝コマ送り〟でとらえれば、ノーベル賞級の新発見につながるかもしれない。

強光子場科学の急進展に対応して、国の大規模な研究プロジェクトが一昨年に動き出した。官民で情報交換する懇談会も昨年に発足し、産業界の関心も高まりを見せている。



1フェムト秒より短いパルス作りに挑んでいる東大物性研究所のレーザー装置（千葉県柏市で）



電場の変形（イメージ）