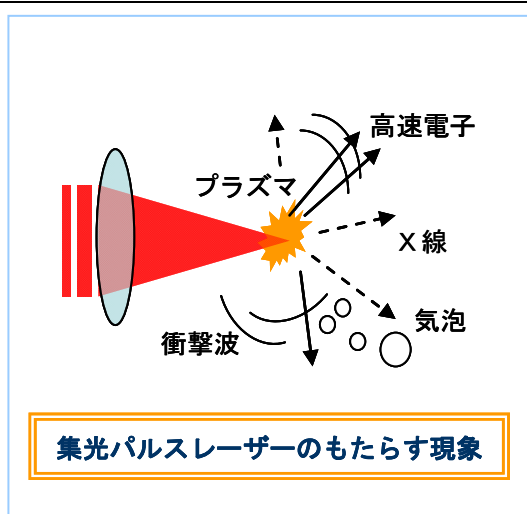


ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

大項目	1. 分子分光学および分子集合体の構造
中項目	1-5. 強光子場分子科学
小項目	1-5-8. 高強度レーザー溶液科学

概要（200字以内）

溶液にパルスレーザー光を集光すると、高強度のレーザー場が生成し、電子の放出と加速が溶液内で起こる。生成した高エネルギー電子は溶液内の分子やイオンと相互作用してX線を発生する。電子放出によって生成した多価陽イオンは原子にまで分解することもある。生成した電子とイオンの再結合による局所的な熱の発生も起こり、衝撃波や高エネルギーの気泡の発生も伴う。これらの結果として、全く新しい物質を創製することができる。



現状と最前線

溶液内にパルスレーザー光を集光すると、概念図に示したようにさまざまな現象が起こる。これらが起こる時間スケールは千兆分の1秒から千分の1秒の広範囲に及び、起こる現象も物理変化と化学反応を含んで極めて複雑であり、そのメカニズムを完全に解明することは容易ではない。現状では、ともかく使えるということを目指した応用研究が先行している。

1) 物質創製と加工

① ナノ微粒子生成

金属、半導体、セラミックス、有機顔料など適当な溶媒がない物質を溶液内に懸濁させ、ナノ秒程度のパルスレーザーを集光照射すると、溶液内で粒子サイズが小さくなり透明な溶液ができることがある。多くの場合、これらの物質はナノメートル程度の大きさに細かくなっていることが認められている。条件によっては、原子状に分解した物質が再結合して生成したと考えられる物質の生成も報告されている。局所的な熱生成、衝撃波、電子放出など、さまざまなメカニズムが考えられている。

② 溶液内表面処理

弱い強度のレーザー照射では、衝撃波と気泡発生のみが認められ、プラズマ生成には至らない。このような場合には、表面の清浄化などに実用化されている。プラズマを生成する程度にレーザー強度が増大すると、生成した電子やイオン、原子状の物質などが表面に付着し、これ

を引き金にして、さまざまな表面処理が可能となる。産総研の新納らは、石英などそのままではエッチングが難しい物質をピレンなどの溶液と接触させ、溶液を高強度パルスで励起して石英表面の選択的エッチングが起こることを示した。これを応用したマイクロレンズアレイの製作など実用化は世界的規模で大きく進んでいるが、メカニズムの解明には至っていない。また、溶液内でレーザー注入を行うと、金属の表面などにも蛍光色素を付着させることができるという報告もある。

③ レーザー誘起結晶成長

過飽和溶液にレーザー光を集光すると、衝撃波、電子放出などによって結晶成長が誘起されることがある。タンパク質などの場合には、微弱光の照射によっても結晶化が起こることが知られているので、必ずしも高強度レーザー場でのみ起こる現象ではない。

2) 分析化学・分光学への応用

① プラズマ分光

レーザー誘起プラズマは溶液中でも生成するので、原理的には溶液の組成を知るためにそのまま応用できる。しかし、実際には溶液内部ではプラズマの冷却が早く発光効率が低い。最近になって、ダブルパルス法を用いて溶液内に空洞をつくり、その空洞内にプラズマを発生させる手法が開発されている。

② 微粒子の誘電破壊検出

溶液内でのプラズマ発生しきい値は、微粒子の存在によって著しく小さくなるので、溶液内の微粒子を計数することにも応用できる。レーザーの強度など条件を注意深く選ぶことによってサイズ分布などを知ることにも可能である。

③ パルスX線発生

フェムト秒レーザーを水溶液表面に照射して生成するプラズマからは、連続スペクトルを有するX線が発生し、パルス幅もサブピコ秒程度に短いと考えられている。このX線を光源とすれば、X線吸収スペクトルやX線蛍光分析を行うことが可能である。しかもレーザーと同期しているので、励起状態ダイナミクスの研究にも応用できる。

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

溶液内レーザー加工のメカニズムが明らかになる。

非破壊蛍光分析などに使用できるX線源がテーブルトップレーザーで可能になる。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

有用なナノ微粒子の創製法あるいは結晶成長法として用いられるようになる。

人体内部での微小X線光源として用いられるようになる。

キーワード

多光子過程、プラズマ、X線、衝撃波、気泡発生

(執筆者： 福村 裕史)