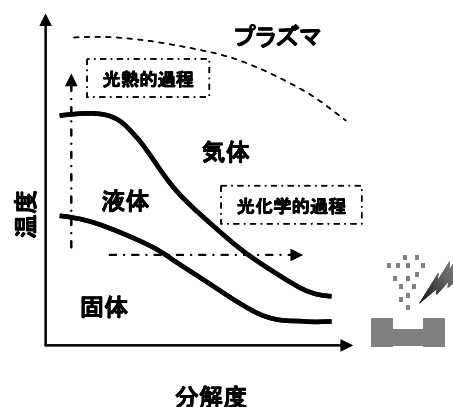


ディビジョン番号	2
ディビジョン名	光化学

大項目	1. 基礎光化学
中項目	1-5. レーザー光化学
小項目	1-5-1. アブレーション

概要（200字以内）

レーザーパルスを固体表面に照射すると、物質の飛散が起こり、表面に痕跡が残る。光化学反応、光熱過程、衝撃波による機械的破断等が組み合わされて起こる複雑な現象であり、プラズマ生成を伴うこともある。溶液内アブレーションや透明固体内部における現象のメカニズムについては、完全に解明されているとはいえない。応用研究として、ナノ物質創製、様々の物質のレーザートランスファーが試みられている。光記録材料の開発にも関連している。



アブレーション条件下における物質状態

現状と最前線

レーザーアブレーションは、1980年代に新しい化学反応として提案された。そのメカニズムの解明が進むにつれ、光化学的な結合切断による低分子化と高圧発生、光熱過程によって発生した局所的高温状態、フォノン励起による衝撃波の発生に伴う機械的な物質の破断や噴出、電子放出とそれに伴うプラズマ発生など、様々の過程が複雑に絡み合って起こる物質飛散と表面の損傷が、総体としてアブレーションと呼ばれていることがわかってきた（図参照）。

現状では、液体や透明固体の内部におけるアブレーションは実用化のレベルにまで研究が進んでいる。しかしながらそのメカニズムの解明は、アブレーション領域のみを測定する技術上の困難から、あまり進んではいない。また、アブレーションによって生成するナノ粒子や、アブレーションで飛散する物質を別の表面に付着させ、デバイスへ利用する応用研究も行われている。ここでは、それぞれのトピックスについて最前線を紹介する。

① レーザートランスファー

アブレーションを利用して飛散する物質を対置する別の物質表面に付着させ、その元の物質と同じ物性を有する物質を再構成する方法は、古くからセラミック材料による金属の被服などに応用されてきた。最近では、複雑な構造を有する有機分子や生体物質を転写して、化学センサーやバイオセンサーを作製する試みがある。最近スイスの研究グループは、導電性高分子や蛍光分子を積層して、発光ディスプレイを試作することに成功している。

この方法は微細化も可能であり、サブマイクロメートル程度の分解能で蛍光性分子を高分子固体内に分散させることも可能である。

② 溶液内増感表面加工

ガラスなど光を吸収しない透明な材料をレーザーで加工するため、強い光吸収性分子を含む溶液を透明材料に接触させ、材料の背面からレーザー照射してエッチングする方法が産総研の新納によって開発され、実用化に耐えるレベルの微細加工法として世界的に認められている。加工表面にガラスが融解したような痕跡が認められるので、熱的な効果が大きいと考えられているが、表面に有機物質の分解により生成したと考えられるカーボンの層が見られることもあり、メカニズムは完全にはわかっていない。加工中の表面を観察する手法の開発が望まれている。

③ 溶液内ナノ粒子生成

適当な溶媒の無い有機色素、金属などをさまざまな溶媒に分散させるため、レーザーアブレーションが利用されている。分散している粒子はナノメートルオーダーまで小さくなっており、濁らない均一な溶液を得ることができる。しかし、凝集しない理由は単純に微粒子化だけによるのか、電荷を持つ副生成物の吸着等によるものか明らかでは無い。実際、有機化合物の場合には、ポリインの生成が認められることもあり、プラズマ状態で原子状炭素が生成している可能性がある。ごく最近、重水中に水銀微粒子をレーザーで分散させて、金への核変換に成功したとする研究も発表された。まだまだ新しい現象が期待できる分野である。

④ 透明固体内アブレーション

石英やポリカーボネートなどの透明固体に高開口角のレンズでレーザーを集光すると、固体内部でアブレーションが起こり3次元記録が可能となる。これを利用した高密度光記録材料の開発、フォトニック結晶の創製などが進められている。これらの現象のメカニズムも、基本的には従来のアブレーションと同じと考えられるが、それを確認するための方法が十分に開発されていない。

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

透明固体内加工、固液界面加工などのメカニズムが解明される。

ナノ粒子生成過程のメカニズム解明が行われる。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

レーザーの高エネルギー化とターゲットの最適化により、テーブル上で核変換が可能になる。フェムト秒パルス中性子の発生が可能になる。

キーワード

光熱過程 表面加工 ナノ粒子生成 レーザートランスファー 核変換

(執筆者: 福村裕史)