

## 演習課題 M05 : プラズマを使って物質の成分を分析する

担当教員: 東京工業大学 中村 一隆  
KEK 放射光科学研究施設 一柳 光平, 深谷 亮

近年、電化製品等に幅広く応用されている"プラズマ"は、電離した気体であり、固体・液体・気体に続く第 4 の状態と呼ばれています。ここで、短パルスレーザーを物質にあてると、僅かな時間の間だけ、高温高密度のプラズマを生成することができます。夏の演習では、このレーザーによって作られるプラズマを利用し、物性評価に応用します。

元素はその種類によって固有の色の光を発します。分光学的な成分分析は一般的に、対象物からの発光スペクトルの測定し、その発光の波長を調べることで対象物中の元素を特定します。測定時に原子を発光させるためには、原子を励起状態にする必要がありますが、本演習ではプラズマを用いて、原子を発光させます。

短パルスレーザーをサンプルに集光して照射すると、レーザーアブレーションが起こります。これは局所・瞬間的に数万度まで高温となった表面層が蒸発し、サンプルから分離されるプロセスです。このサンプル表面から離れた微量サンプルはレーザーと相互作用することで、電子エネルギーが励起された原子やイオンを含む高エネルギープラズマとなります(図1)。その後、レーザーパルスが消失すると、プラズマは冷却され始め、励起状態の原子やイオンは、特定の波長の光を発しながら元の基底状態に戻ります。このプラズマからの一瞬の発光を、波長を分解する分光器で時間分解計測し、プラズマ発光スペクトルを測定します。周期表上の各元素のプラズマ発光スペクトルは固有のピークを持つので、このシステムによりサンプルの化学組成を高速で判別することが可能となります。

プラズマを使った成分分析は、その遠隔性や高速測定性、広範囲の元素識別性等から惑星調査における分析装置としても応用されています。本演習では、NASA の火星探査機に搭載され惑星探査に利用されている装置と、同じ原理を用いたシステムを組み上げ、調整し、測定を行っていきます。

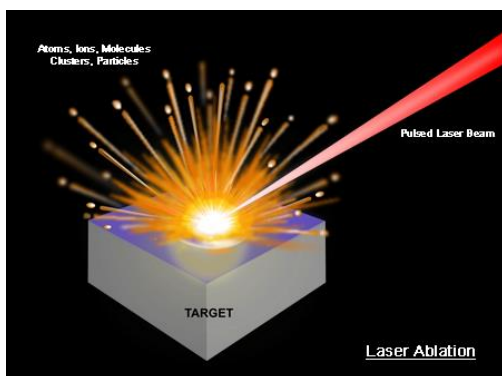


図1 レーザーによるプラズマ発生  
(<http://appliedspectra.com/> より引用)

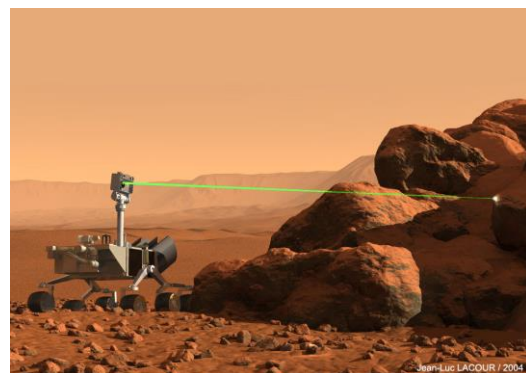


図2 NASA の火星探査で利用される  
プラズマを利用した成分分析  
(NASA, The Researcher News より引用)

また、秋の演習では、このレーザー生成プラズマを衝撃波に変換し、原子構造が高速に破壊されていく様子を放射光 X 線で観測することで、材料開発への応用研究を学びます。