

ディビジョン番号	10
ディビジョン名	分析化学

大項目	1. 分析化学
中項目	1-2. レーザー分光分析
小項目	1-2-4. 多光子イオン化分析

概要（200字以内）

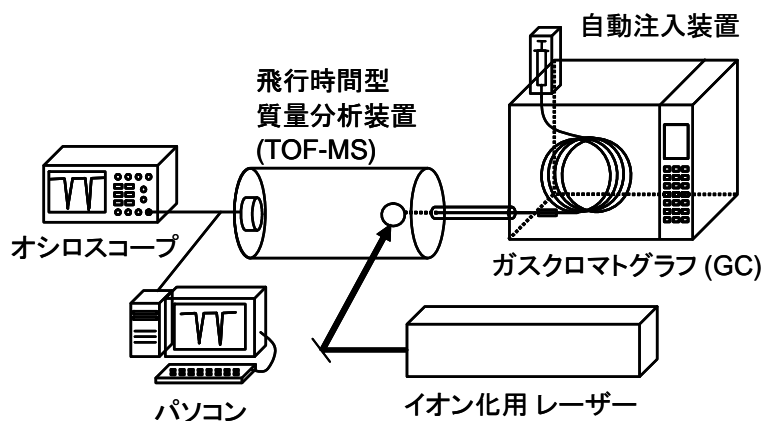
従来、質量分析においては電子衝撃イオン化法、化学イオン化などが多用されている。しかし、このような方法は、すべての原子、分子をイオン化するため、イオン化過程に選択性がない。すなわち、多量の夾雑物が存在する条件下で、特定の微量成分を検出することが困難である。一方、質量分析においては、試料によっては分子イオンが顕著に観測されない場合も多く、質量分析における大きな問題の一つになっている。

現状と最前線

最近、パルスレーザー光を原子、分子に集光し、瞬時に多光子イオン化させることが可能になっている。このようなレーザーをイオン化源に用いると、新たな選択性を付与することができる。たとえば、極微量の同位体元素を測定するには、その原子の吸収波長に一致した波長のレーザーを用いることにより、選択性を飛躍的に改善することができる。一方、測定対象が分子の場合には、吸収バンドにレーザー波長を合わせることにより、電子衝撃法より選択的なイオン化が行える。たとえば、排ガス中の極微量ダイオキシンを分析するには、一般にガスクロマトグラフ/質量分析法が採用されているが、図1に示すように電子衝撃イオン化法の代わりにレーザーイオン化法を用いると、夾雑物の影響を低減して分析することができる。また、分子イオンを優先的に生成させることも可能になる。さらに、

試料分子を真空中に噴
出させて極低温状態で

図1 ガスクロマトグラフ/レーザー多光子イオン化/質量分析計



分析する超音速分子ジェット法を用いると、スペクトル線幅を0.01 nm程度まで狭くすることができるので、選択性を飛躍的に改善できる。すなわち、類似体を区別して分析することができる。

しかし、測定対象となる分子種によっては、イオン化効率が低い場合が少なくない。たとえば、ダイオキシンなどのように分子内に多数の塩素を含む分子は、スピン起動相互作用によって励起寿命が短くなり、通常のパルスレーザーではイオン化効率が低くなる。一方、ニトロ基を有する化合物、とくに爆発物として知られている TNT などは、励起寿命がさらに短く、分析感度の低下が著しい。これを改善するため励起光のエネルギーを増大しても、フラグメントが増加するに過ぎない。このため、超短パルスレーザーを用いてイオン化効率を改善する方策が検討されている。このような超短パルス光の利用は、マトリクス支援レーザー脱離イオン化法 (MALDI) へも応用が期待されている

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

試料が極微量、夾雑物が多量存在する場合には、極めて高感度、高選択的な分析法が要求される。たとえば、焼却炉排ガス中には、ppb (10^{-9}) レベルの有機物が夾雑物として存在するが、測定対象であるダイオキシン類は ppq (10^{-15}) 以下しか存在しない。したがって、捕集、濃縮、予備分離などの複雑な操作を経て、高価な高分解能ガスクロマトグラフ/高分解能質量分析計により測定されている。もし、レーザーイオン化により選択性を改善できれば、前処理操作を簡素化し、低分解能のガスクロマトグラフ/質量分析計を利用できるので、環境対策上極めて有益である。

○ダイオキシンなど環境汚染物質の高感度分析

○たんぱく質などバイオ関連物質の高感度分析

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

爆発物の探査はテロを未然に防ぐ上で重要であるが、現在の分析機器は大気中に極微量存在する TNT などを直接分析するに十分な感度を有していない。もし、超短パルスレーザーイオン化法により分析感度、選択性が飛躍的に向上すれば、わが国の安全・安心に資するところが極めて大きい。

○TNTなどのテロに利用される爆発物の高感度分析

○超短パルス発生技術

キーワード

レーザー、多光子イオン化質量分析、超音速分子ジェット分光分析、環境汚染物質、テロ関連物質

(執筆: 今坂 藤太郎)