

質量分析法の限界を克服する新技術

同一の質量電荷比で価数が異なるイオンの識別に成功



志岐 成友

しき しげと

s-shiki@aist.go.jp

計測フロンティア研究部門
超分光システム開発研究グループ
研究員
(つくばセンター)

東京大学博士課程を中退後、理化学研究所、大阪電気通信大学を経て2006年に産総研に入所。以後、超伝導トンネル接合検出器を用いた質量分析装置や蛍光エックス線分析装置の開発に従事しています。

関連情報：

● 共同研究者

浮辺 雅宏、前田 龍太郎、大久保 雅隆 (産総研)、富田 成夫、佐藤 優樹 (筑波大学)、早川 滋雄 (大阪府立大学)

● 参考文献

[1] Y. Itikawa: *J. Phys. Chem., Ref. Data* 35, 31-53 (2006).

[2] S. Tomita *et al.*: *Appl. Phys. Lett.*, 91, 053507 (2007).

[3] M. Ohkubo *et al.*: *J. Low Temp. Phys.*, 151, 760-765 (2008).

[4] S. Shiki *et al.*: *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res., A* 595, 391-394 (2008).

[5] S. Shiki *et al.*: *J. Mass Spectrom.* 43, 1686-1691 (2008).

[6] *Analytical Chemistry online news*(2008).

<http://pubs.acs.org/action/showStoryContent?doi=10.1021%2Fon.2008.11.13.163784>

● この研究は独立行政法人科学技術振興機構 先端計測分析技術・機器開発事業「質量分析用超高感度粒子検出技術」の一環として行われたものです。

等核二原子分子イオン化断面積の謎

等核二原子分子は最も単純な構造の分子で、窒素分子、酸素分子など、なじみの深いものばかりです。これらの分子が電子や光の照射でイオン化される際には、分子の一価イオンに加えて多価イオンも生成されます。等核二原子分子のイオン化断面積は、プラズマや惑星高層大気での化学反応の理解、電離真空計の校正に欠かすことのできない量です。イオン化断面積を測定するには、質量分析法を用いてイオンを分離し、イオン種ごとに生成量を測ります。ところが、質量分析は実際には質量を測定しているのではなく質量をイオンの価数で割った質量電荷比 (m/z) に応じて分子などを分離分析する計測技術です。このため、 $^{14}\text{N}_2^{2+}$ や $^{16}\text{O}_2^{2+}$ といった分子の二価イオンは、原子の一価イオンと m/z が全く同じであるため測定することができませんでした^[1]。

超伝導トンネル接合検出器を用いた質量分析装置

私たちのグループでは、従来型質量分析法の限界を突破するために、超伝導現象を利用して分子の運動エネルギー計測を行う先端計測機器の開発を行ってきました。その一例として、二重収束型質量分析と超伝導検出器を組み合わせ

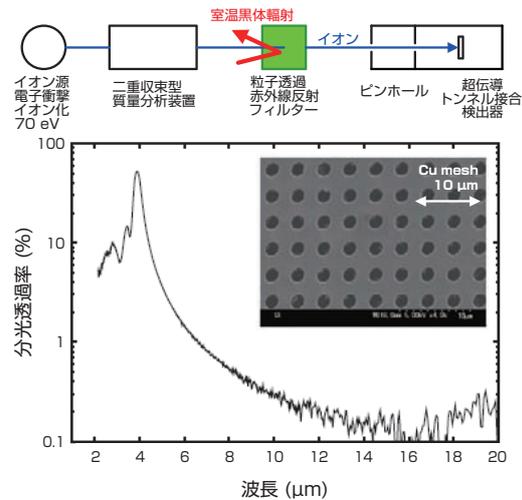


図1 超伝導トンネル接合検出器を用いた質量分析装置の模式図(上)と粒子透過赤外線反射フィルター(下)粒子透過赤外線反射フィルターを用いると、室温黒体放射(ピーク波長10 μm)を防ぐことができます。下図はフィルターの走査電子顕微鏡写真と分光透過率。

た計測機器があります^[2]。この機器では、3 kVの電圧でイオンが加速されるため、一価イオンと二価イオンでは運動エネルギーが2倍異なります。keV領域で個々のイオンの運動エネルギーを正確に測定できれば、 $^{14}\text{N}_2^{2+}$ と $^{14}\text{N}^+$ ($m/z=14$)などを分離分析できます。既存の固体検出器では数keVのイオンの運動エネルギー計測は不可能ですが、0.3 Kに冷却された超伝導トンネル接合検出器を用いると測定できます^[3]。今回、イオンの飛行経路からの室温黒体放射を反射し、粒子が透過できるフィルターを開発しました^[4]。これにより、室温で発生したイオンを0.3 Kの超伝導検出器で安定的に検出できるようになりました。限界突破の例として、窒素分子と酸素分子の二価イオンと原子の一価イオンを分離し、イオン化断面積を測定することに初めて成功しました^[5,6]。

今後の展開

今回開発した技術により、今まで質量分析が不得意としていた混合サンプルの多価イオン分析や、エレクトロスプレーイオン化法によるタンパク質の分子同定、抗体の分析、さらに中性粒子の直接質量分析への活用が期待されます。

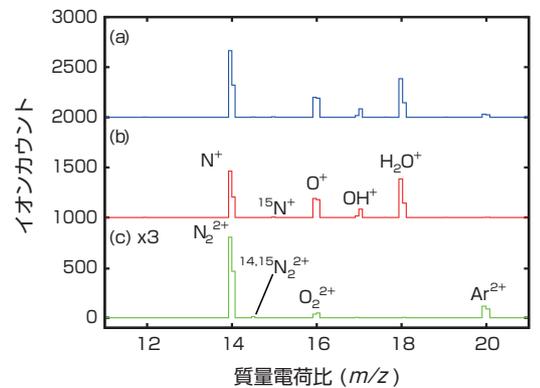


図2 (a) 通常の質量スペクトル (b) 一価イオンの質量スペクトル (c) 二価イオンの質量スペクトル
大気をサンプルとし、電子衝撃イオン化(70 eV)によってイオン化した時の質量スペクトルを示す。各質量ピークに含まれる一価イオンと二価イオンの割合が測定できる。