

奨 励 賞

石原盛男氏（日本電子(株)分析機器技術本部・研究員，理学博士）

〔業績〕 質量分析装置に関するイオン光学的研究



石原盛男氏は1980年大阪大学大学院理学研究科前期課程（物理学専攻）を修了後、日本電子株式会社に入社し、以後一貫して質量分析装置の開発、特にイオン光学系の研究に従事してきた。そして、1991年には大阪大学より理学博士の学位を授与されている。

質量分析法の発展のためには、新しい装置の開発と高性能化が不可欠であり、新しいイオン光学系の設計が重要である。石原氏はイオン光学の基礎と応用に関して以下のように多くの成果をあげている。

質量分析装置に要求される基本性能は分解能、感度及び測定質量範囲であるが、高分子化合物をイオン化する方法、特に高速原子衝撃法によるイオン化の進歩により、質量範囲を広げることが急務となってきた。イオン軌道の計算法に関してはマトリックス法を用いた3次近似の理論を実行する計算機コードも開発されているが、それは高分解能と高感度を目指したものであり、高質量を主たる目的にしたものではなかった。従って従来の光学系を用いたのでは装置の大型化は避けられず、二重収束質量分析計の場合、質量範囲の拡大だけのためにこれ以上大型化することは実用上困難であった。石原氏は従来の装置とほぼ同じ大きさで、しかも分解能と感度を損なうことなく質量範囲を5倍拡大できるイオン光学系が、1) 磁場の入射角を大きくとる、2) 四重極レンズによってビームの広がりを抑える、3) 磁場電場の形状を最適化して収差を小さくする、などによって実現できることを見いだした。そして、この光学系を用いることによって測定質量範囲が m/z 10,000以上に拡大でき、高分子化合物の分析に有用であることを示した。

さらに、ペプチドに代表される生体高分子化合物が測定できるようになると、その構造解析の手段として、生成イオンの質量を正確に決定できる質量分解能と質量決定精度の高い二重収束質量分析計を2台用いた装置（タンデム質量分析計）によるMS/MS法がすぐれた分析手法として注目されるようになった。しかし、イオン光学系が複雑となり、また軌道が長くなるために、多くのイオンが分析管の中で失われ、期待される性能を得ることは困難であった。その原因は、2台の質量分析計とそれをつなぐインターフェイスなど全体としての透過率が考慮されていなかったこと、すなわち、2台の質量分析計のイオン光学的な整合性がとれていなかったことにある。整合特性はインターフェイスのイオン光学的性質によって決まる。インターフェイスには、普通アインツェルレンズが用いられるが、これは凸レンズとしての作用しかないため、目的とするイオン光学的特性を持たせることは困難である。これに対し、石原氏は凹凸レンズを組み合わせた四重極レンズダブルレットがインターフェイスレンズとして優れていることを見いだした。そして、二重収束質量分析計を四重極レンズダブルレットで接続したタンデム質量分析計では、系全体としての透過率をほぼ100%とすることに成功し、高感度MS/MS測定を可能にした。

MS/MS法では検出できるイオン電流が非常に弱いため、同時検出器を用いて高感度化が試みられてきたが、従来の光学系では質量分散が固定であり、同時検出器の性能を十分に活用できなかった。石原氏は質量分散を変化させることを目的として、四重極、八重極、四重極からなるズームレンズ系を案出し、同時検出可能な質量範囲を5~30%に拡大した。

さらに、石原氏は軌道追跡法によるイオン光学の研究方法を確立した。イオン軌道の計算法としてマトリックス法は計算効率はよいが、収差の次数が限られることや、電磁場が解析的であることが必要である。それで石原氏はイオン光学研究のための高精度電磁場計算には表面電荷法が最適と考え、それを用いた軌道計算機コードを開発した。このコードは二次元、軸対称三次元及び一般三次元の電場とその中の荷電粒子の軌道を精度良く計算できるので、扇形電場の端縁場で生じる高次収差や、四重極レンズの端縁場分布の精密計算、減速レンズの自動計算及び直線の収束面

を有する質量分析器の設計などに極めて有用なものである。

以上のように石原盛男君はイオン光学に関する研究を通して質量分析装置の高性能化、特にタンデムマススペクトロメトリーの分野で大きな寄与をしている。これらの業績は質量分析法の将来の発展に大きく貢献するものであり、日本質量分析学会奨励賞に値するものと認められた。

主要文献リスト

- 1) K. Sato, T. Asada, M. Ishihara, F. Kunihiro, Y. Kammei, E. Kubota, C. E. Costero, S. A. Martin, H. A. Scoble, and K. Biemann, High-Performance Tandem Mass Spectrometry: Calibration and Performance of Linked Scan of a Four-Sector Instrument, *Anal. Chem.*, **59**, 1652 (1987).
- 2) T. Matsuo, M. Ishihara, S. A. Martin, and K. Biemann, Enhanced Mass Resolution without Decrease of Beam Intensity in a Four-Sector Mass Spectrometer, *Int. J. Mass Spectrom. Ion Proc.*, **86**, 83 (1988).
- 3) M. Ishihara and Y. Kammei, Ion Optical Considerations of a Quadrupole-Octapole Lens System for Varying Mass Range on a Simultaneous Detector, *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, **3**, 420 (1989).
- 4) T. Matsuo, T. Sakurai, and M. Ishihara, Recent Development of Ion-Optical Studies for Mass Spectrometer and Mass Spectrograph Design, *Nucl. Instru. Meth. Phys. Res.*, **A298**, 134 (1990).
- 5) M. Ishihara, Peak Broadening Caused by a Fifth-Order Aberration in the Fringing Field of an Electrostatic Analyzer, *Int. J. Mass Spectrom. Ion Proc.*, **105**, 1 (1991).
- 6) M. Ishihara and T. Matsuo, A New Ray Tracing Code "ELECTRA", *Nucl. Instru. Meth. Phys. Res.*, **B70**, 445 (1992).
- 7) T. Matsuo and M. Ishihara, A New Mass Spectrograph, *J. Am. Soc. Mass Spectrom.*, **4**, 372 (1993).