

奨 励 賞

早 川 滋 雄 氏 (大阪府立大学総合科学部助手)

(業績) 衝突スペクトロスコピー法による電子移動および
イオン反応の研究



早川滋雄君は、京都大学大学院理学研究科修士課程を1977年に修了後、三井石油化学工業株式会社に入社し、1982年4月まで質量分析計を使用した分析業務に従事した。この間、1977年6月より1979年3月まで同社より大阪府立大学教養部の早川晃雄教授のもとに国内留学し、マージングビーム法による低エネルギー領域でのイオン・分子反応の研究を行った。1982年4月同社を退職し、大阪府立大学総合科学部(杉浦俊男教授研究室)に助手として奉職され現在に至っている。

早川君の業績は、質量分析器を用いた種々の衝突スペクトロスコピーに関する方法論を開発し、イオンと分子の反応素過程を電子移動、イオン化および中性化解離から克明に追求し、イオン・分子反応の基礎過程を中性粒子の検出を含めて総合的に明かにした点にある。このような先駆的な研究においては、装置の開発が不可欠となるが、同君は装置開発に独創的な手腕を発揮し、新しい装置を世界に先駆けて設計製作され、極めてオリジナリティーに富む実験結果を得ることに成功した。業績は以下の項目に纏めることができる。

- (1) 電子移動反応測定用の高分解能飛行時間型質量分析計の開発。
- (2) マージングビーム法による低エネルギー領域でのイオン・分子反応の研究。
- (3) 中間エネルギー領域での中性粒子相互衝突による正・負イオンの生成の研究。
- (4) アルカリ金属蒸気からの正イオンへの二電子移動による負イオンの生成の研究。

化学反応の素過程を明かにするためには、中性粒子の衝突の詳細を明かにすることが重要である。とくに、keVオーダーでの衝突過程における励起素過程の研究の重要性が挙げられるが、入射中性ビームの生成と生成種の検出が困難であるため、この分野での研究の多くが将来の課題として残されていた。早川君は、この研究に精力的に取り組み、 $H_2 + H_2$ 系での衝突による単純イオン化、解離性イオン化およびイオン対生成の機構を明かにすると共に、これらの断面積の測定に成功した。

アルカリ金属イオンから正イオンへの二電子移動過程に関する研究では、1981年より装置の試作が開始され、近年装置の完成に至り、現在極めて興味深いデータが蓄積されつつある。反応イオン H_2^+ および HD^+ に関しては、アルカリ原子からの一電子移動で生成した解離中性原子の運動エネルギー分布を、さらに一電子捕獲させて生成した負イオンのスペクトルから測定し、正イオンの電子捕獲による中性化解離過程を解明した。さらに、 C_2H_2 分子の電子衝撃で生成する C_2^+ および C_2H^+ イオンがCsとの一回衝突で二電子を捕獲して非解離で負イオンを生成することを見いだした。また、この過程の二重電子動断面積がLandau-Zener断面積として予想される値よりも一桁小さくなることを見いだした。KおよびNaターゲットではこのような二電子捕獲過程は観測されないことを確認している。また、 $C_2H_2^+$ および C_2H^+ イオンから解離生成する C_2H^+ および C_2^+ イオンは二回衝突連続一電子移動過程で生成し、アルカリ金属ターゲットの種類によってその相対断面積が一桁以上も変化することを明かにし、これを反応エネルギーの差異から解析している。

アルカリ原子から正イオンへの二回衝突連続一電子移動反応で生成する負イオン生成においては、アルカリ原子のイオン化エネルギーが小さいことから、中性化過程を経て中性断片へと解離する場合が多い。この中性化解離の機構を負イオン検出法で解析する方法を開発し、また、この解析法によりMcLaffertyらが開発したNeutralization-Reionization Methodに比し、より精密な異性体に関する情報が得られることを指摘した。飛行時間法では正イオンから中性粒子を生成する過程を明かにすることができ、一方、中性粒子の衝突により生成するイオンの検出によって負イオン生成過程の詳細なメカニズムを検討できる。これらを、正イオンから負イオン生成の研究と組み合わせること

により、電子移動、イオン化、および中性化解離などが関与する反応の詳細を総合的に検討している点が特筆に値する。

以上のように、早川君は衝突スペクトロスコピーの分野で確立すべき方法論を考案し、そのための装置を手作りによって世界に先駆けて開発され、原子・分子衝突現象の解明に関して、独創的な研究成果を挙げられた。これらの研究成果は国際的に極めて高く評価され、また、今後の研究の発展には尚一層の期待が寄せられている。以上から、同君の業績は日本質量分析学会奨励賞に値するものと認められた。

主要論文リスト

- 1) S. Hayakawa, A. Matsumoto, and T. Hayakawa, Merging Beams Apparatus Studying Ion-Molecule Reactions, *Mass Spectroscopy*, 28, 85 (1980).
- 2) S. Hayakawa, A. Matsumoto, M. Yoshioka, S. Matsuoka and T. Sugiura, Negative Ion Formation by Thermal Electron Attachment to Nitrous Oxide at Atmospheric Pressure, *Mass Spectroscopy*, 34, 147 (1986).
- 3) 早川滋雄, 野瀬直樹, 横田 勉, 中性粒子の質量および運動エネルギースペクトルと高分解能収束性飛行時間分析装置, *質量分析*, 34 409 (1986).
- 4) S. Hayakawa, M. Kogo, A. Matsumoto and T. Sugiura, Positive and Negative Ion Formation in Moderate-Energy H_2+H_2 Collisions, *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, 84, 113 (1988).
- 5) S. Hayakawa, M. Yoshioka and T. Sugiura, Formula for Kinetic Energy Release (KER) in Collision-Induced Dissociation Using Momentum Analysis, *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, 87, 309 (1989).
- 6) S. Hayakawa, Dissociative Neutralization of H_2^+ and HD^+ ions by Electron Transfer from Alkali Metals Using Negative Ion Detection Method, *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes*, 90, 251 (1989).
- 7) S. Hayakawa, N. Terazawa and T. Sugiura, Non-dissociative C_2^- and C_2H^- Ion Formation by Double Electron Transfer in One Collision, *J. Phys. B*, 23, 4539 (1990).
- 8) S. Hayakawa, A. Matsumoto, M. Yoshioka and T. Sugiura, Negative Ion Formation from Positive Ion by Two Electron Transfer from Alkali Metal Target, *Rev. Sci. Instrum.*, in press.