

見 附 孝一郎（助教授）

A-1) 専門領域：化学反応素過程、軌道放射分子科学

A-2) 研究課題：

- a) レーザーと軌道放射を組合せたポンプ・プローブまたは2重共鳴分光
- b) 高分解能斜入射分光器の研究開発とフラール科学への利用
- c) 極端紫外超励起状態や高励起イオン化状態の分光学と動力学
- d) 原子・分子・クラスターの光イオン化研究に用いる粒子同時計測法の開発
- e) 極端紫外域の偏極励起原子の光イオン化ダイナミクス

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 紫外モードロックレーザーとアンジュレータ光を組み合わせ、電子振動励起分子の光イオン化や光解離のダイナミクス、イオンの前期解離ダイナミクスなどに関する研究を行った。レーザーパルスとマルチバンチ放射光を厳密に同期させることで、分解能約500 psの時間分解ポンププローブ測定が可能である。また、レーザー誘起蛍光励起分光やレーザー多光子イオン化分光を起用することによって、超励起状態から解離生成したイオンまたは中性フラグメントの内部状態の観測を初めて実現した。フラグメントの回転分布から、解離の際のエネルギー分配について議論した。また、特定の化学結合を選択的に切断したり、特異的な化学反応を起こすような光励起過程を実現するための方法論の開発と実用化を目標としている。具体的には可視又は近赤外レーザーで生成する振動励起した水分子に放射光(20–1000 eV)を照射して、振動基底分子の放射光解離とは全く異なる反応分岐比や分解確率を得るという実験をフォトンファクトリーで開始した。
- b) 軌道放射光施設に、気相光励起素過程の研究を目的とした高分解能高フラックスの斜入射分光器を建設した。25から160 eVの光子エネルギーの範囲で、フラックス 10^{10} 光子/秒と分解能3000が同時に達成された。SまたはBr原子を含む分子のそれぞれ2p電子と3d電子を励起して、偏光に対して水平または垂直方向に飛来した解離イオンを検出することで、励起状態の対称性を分離した吸収スペクトルの測定を行った。続いて平成13年度から「フラールの軟X線分光専用ビームライン」の実用化を目指して、実験ステーションの改良と調整を施した。そしてフラールや金属内包フラールの吸収および光電子スペクトルの測定を行っている(装置に関し特許出願中)。最近では C_{60} や C_{70} の吸収曲線に見られる巨大共鳴ピーク(～20 eV)に付随する形状共鳴遷移を初めて観測した。また高分解質量分析計を用いて多価イオンやフラグメントの収量曲線を正確に決定し、求めたしきい値や極大値を検討した結果、通常の分子では予想もつかない興味深い現象を観測した。現在は、遷移金属原子の4d電子励起軟X線巨大共鳴が、炭素ケージの中でどのような影響を受けるかを実験的に明らかにすることが最大の目標である。
- c) 軌道放射光施設に分子線光解離装置を製作し、 CO_2 、 SO_2 、ハロゲン化メチル、フロンなど20種余の分子についてイオン対を生成する過程を初めて見いだした。また、同施設の直入射分光器ラインに2次元掃引光電子分光装置を建設し、 NO 、 C_2H_2 、 OCS 、 SO_2 、 CS_2 、 HI 等の2次元光電子スペクトルを測定した。さらに、アンジュレータ斜入射分光器ラインで、 OCS や H_2O の極端紫外励起状態の緩和過程で放出される可視・紫外発光を検出し、蛍光分散および蛍光励起スペクトルを測定した。以上、得られた負イオン解離効率曲線、2次元光電子スペクトル、蛍光スペクトル等から、超励起状態のポテンシャルエネルギー曲面を計算しイオン化状態との電子的結合を評価したり、自動イオン化や前期

解離のダイナミクスおよび分子の2電子励起状態や解離性イオン化状態の特質などについて考察した。

- d) 正イオン・負イオン同時計測法を初めて開発し、複数の光解離過程の識別と放出されるイオンの並進エネルギーの測定を可能とした。また、光電子・イオン飛行時間同時計測法により始状態が選別されたイオンの光解離の研究を行った。
- e) 直線偏光した放射光を用いて、基底状態原子をそのイオン化ポテンシャルより低いリユドベリ状態へ共鳴遷移させ、放射光の偏光方向に偏極した特定量子状態の励起原子を高密度で生成させる。この偏極原子(=始状態)を直線偏光した高出力レーザーによってイオンと電子にイオン化させる(=終状態)。光電子角度分布の解析と理論計算を併用して、選択則で許される複数の終状態チャンネルの双極子遷移モーメントの振幅と位相差を決定した。究極的には、希ガス偏極原子の光イオン化における「量子力学的完全実験」を目指している。このテーマに関連して、円錐型の高効率角度分解電子エネルギーアナライザーを設計・製作し、感度や各種分解能などの性能を評価した(特許審査中)。

B-1) 学術論文

H. KATAYANAGI, Y. MATSUMOTO, C. A. DE LANGE, M. TSUBOUCHI and T. SUZUKI, "One- and Two-Color Photoelectron Imaging of the CO Molecule via the $B^1\Sigma^+$ State," *J. Chem. Phys.* **119**, 3737 (2003).

J. KOU, T. MORI, S. V. K. KUMAR, Y. HARUYAMA, Y. KUBOZONO and K. MITSUKE, "Production of Doubly Charged Ions in Valence Photoionization of C_{60} and C_{70} at $h\nu = 25 - 50$ eV," *J. Chem. Phys.* **120**, 6005 (2004).

Y. HIKOSAKA and K. MITSUKE, "Autoionization and Neutral Dissociation of Superexcited HI Studied by Two-Dimensional Photoelectron Spectroscopy," *J. Chem. Phys.* **121**, 792 (2004).

H. KATAYANAGI, S. HAYASHI, H. HAMAGUCHI and K. NISHIKAWA, "Structure of an Ionic Liquid 1-*n*-Butyl-3-Methylimidazolium Iodide Studied by Wide-Angle X-Ray Scattering and Raman Spectroscopy," *Chem. Phys. Lett.* **392**, 460 (2004).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

K. MITSUKE, "Laser-Synchrotron Radiation Combination Studies of Molecular Ionization and Dissociation," *Proceedings of the American Chemical Society*, **225**: U463, 201-PHYS Part 2 (2003).

B-4) 招待講演

見附孝一郎, 「極端紫外域におけるフラーレンの光イオン化過程」, UVSOR 20周年記念研究会, 分子科学研究所, 岡崎, 2003年12月.

見附孝一郎, 「フラーレンまたは金属内包フラーレンの光イオン化と解離過程」, フォトンファクトリー原子分子ユーザーグループ研究会, 高エネルギー加速器研究機構, つくば, 2004年3月.

見附孝一郎, 「フラーレンのイオン化と解離: フラグメントの出現エネルギーに関する統計論的取扱い」, 分子研研究会「原子・分子反応素過程における粒子相関」, 分子科学研究所, 岡崎, 2004年6月.

片柳英樹, 霜崎英紀, 三木久美子, Peter Westh, 古賀精方, 西川恵子, 「熱力学関数の測定による、イオン液体 - 水系の混合状態の解明」, イオン液体研究会, 東京大学, 東京, 2004年12月.

B-5) 特許

特開昭61-163551; 特公平07-046595, 「質量分析方法」, 近藤 保、見附孝一郎、朽津耕三(近藤 保), 1985年.

特開2003-257361, 「高分解能電子エネルギー分析器」, 見附孝一郎(JST), 2002年.

特願2004-089485, 「高沸点物質の光イオン化質量分析装置」, 見附孝一郎、江潤卿、森崇徳(JST), 2004年.

特願2004-212365, 「多成分液体の相分離点の検出方法及びその検出装置」, 加藤仁、片柳英樹、西川恵子, 2004年.

B-6) 受賞、表彰

見附孝一郎, 日本化学会欧文誌BCSJ賞 (2001).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

原子衝突研究協会委員 (1987, 1998-2003).

原子衝突研究協会, 企画委員 (1996-2003).

学会の組織委員

質量分析連合討論会, 実行委員 (1993).

第9回日本放射光学会年会, 実行委員 (1995-1996).

第12回日本放射光学会年会, 組織委員およびプログラム委員 (1998-1999).

第15回化学反応討論会, プログラム委員および実行委員長 (1998-1999).

International Symposium on Photo-Dynamics and Reaction Dynamics of Molecules, Okazaki, Cochair (1998-1999).

原子衝突協会第25回研究会, 実行委員 (1999-2000).

International Workshop on the Generation and Uses of VUV and Soft X-ray Coherent Pulses, Lund, Sweden, Member of the Program Committee (2001)(真空紫外・X線コヒーレント光の発生と利用に関する国際集会, プログラム委員)

XIV International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics, Cairns, Australia, Member of the Program Committee (2003-2004)(第14回真空紫外光物理国際会議, プログラム委員)

IV International Conference on Atomic and Molecular Data and their Applications, Toki, Japan, Member of the Program Committee (2003-2004)(第4回原子分子データとその利用に関する国際会議, プログラム委員)

第19回日本放射光学会年会, プログラム委員長 (2004-).

その他の委員

東京大学物性研究所高輝度光源計画推進委員会測定系小委員会委員 (1998-2003).

SeperSOR高輝度光源利用者懇談会幹事 (1999-2002).

All Japan高輝度光源利用計画作業委員 (2002-).

B-8) 他大学での講義、客員

東京大学物性研究所, 嘱託研究員, 2000年4月-2005年3月.

B-10) 外部獲得資金

重点領域研究 ,フリーラジカルの科学「クラスターおよび凝縮系に生成する超励起状態の動力学」, 見附孝一郎 (1993年-1995年) .

井上科学振興財団 ,井上フェロー研究奨励金「レーザーと軌道放射の同時吸収による化学結合の選択的開裂」, 見附孝一郎 (1997年-1999年) .

日本学術振興会 ,重点研究国際協力派遣研究員「米国バークレー研究所ALS施設への派遣」, 見附孝一郎 (1998年) .
分子科学研究奨励森野基金 ,学術集会開催援助金「International Symposium on Photo-Dynamics and Reaction Dynamics of Molecules」, 見附孝一郎 (1999年) .

大幸財団 ,学会等開催助成金「International Symposium on Photo-Dynamics and Reaction Dynamics of Molecules」, 見附孝一郎 (1999年) .

基盤研究(C)「放射光とレーザーの同時照射による分子の多光子電子励起」, 見附孝一郎 (1998年-2000年) .

松尾科学振興財団 ,学術研究助成「放射光励起で生成した偏極原子のレーザー光イオン化——光イオン化完全実験を目指して」, 見附孝一郎 (1998年) .

基盤研究(B)「レーザーと放射光を組合わせた振動高次倍音励起分子の光解離制御」, 見附孝一郎 (2002年-2004年) .
光科学技術研究振興財団 ,研究助成「ナノ分子場中の原子と光の相互作用——金属内包フラーレンに軟X線巨大共鳴は存在するか?」, 見附孝一郎 (2002年-2003年) .

大幸財団 ,海外学術交流研究助成「XIV International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics」, 見附孝一郎 (2004年) .

C) 研究活動の課題と展望

光電子分光 ,蛍光分光 ,質量分析 ,同時計測法などを用い ,気相分子やクラスターの光イオン化過程の詳細を研究する。また ,真空紫外領域の中性超励起状態の分光学的情報を集積しその動的挙動を明かにしたい。近い将来の目標としては ,軌道放射と各種レーザーを組合せて ,振動励起分子の放射光解離による反応分岐比制御 ,偏極原子の光イオン化ダイナミクスを角度分解光電子分光法で研究し ,放出電子とイオン殻内の電子との相互作用の本質を理解すること ,励起分子や解離フラグメントの内部状態を観測し ,発光・解離・異性化・振動緩和などの過渡現象をポンプ・プローブ法や2重共鳴法で追跡することの3つが挙げられる。