

繁 政 英 治 (助教授)

A-1) 専門領域：軟X線分子分光、光化学反応動力学

A-2) 研究課題：

- a) 内殻励起分子の光解離ダイナミクスの研究
- b) 二次元検出器付き高効率エネルギー分析器の開発
- c) 高性能斜入射分光器の開発
- d) しきい電子-イオン同時計測装置の開発(下僚助手)
- e) 放射光と自由電子レーザーを併用した分光実験

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 内殻励起分子の解離ダイナミクスの詳細を解明するためには、振動分光が可能な高性能分光器が必要不可欠である。90～600 eVのエネルギー範囲で、分解能5000以上を達成する事を目指して、不等刻線平面回折格子を用いた斜入射分光器を建設した。性能評価実験の結果、新分光器は初期の目標に近い性能を有することが確認された。この分光器を用いて、窒素分子の1s励起領域における高分解能対称性分離スペクトルを測定し、連続状態中に埋もれた通常の吸収分光では検出できない多電子励起状態の観測に成功した。特に、 Π 対称性スペクトルにおいて、 Σ 対称性スペクトル中に観測される形状共鳴とほぼ同じエネルギー位置に新たに見出された構造は、三電子励起状態である事が量子化学計算から明らかにされた。
- b) 通常のオージェ電子放出過程は、先ず内殻正孔状態が形成され、引き続いてオージェ電子放出過程が起こる二段階過程であると考えられてきた。ところが、CO分子のC1sノーマルオージェ電子スペクトル中のB状態($1\Sigma \{(5\sigma)^{-1}(4\sigma)^{-1}\}$)について、平行遷移と垂直遷移後の配向分子からのオージェ電子の角度分布を、 σ^* 形状共鳴において測定したところ、両者が全く異なる事が分かった。さらに、それら角度分布は光エネルギーに顕著に依存した振る舞いを示す。本来、オージェ過程を記述する際に用いられる二段階モデルは、光電子とオージェ電子の間の相互作用、PCI (Post Collision Interaction) 効果が大きな電離しきい値近傍では成立しない事が知られており、今回の観測結果はこの事実と矛盾しない。配向分子からの角度分布を記述する従来の理論計算は殆どが二段階モデルに基づいているが、我々の実験結果から、しきい値近傍での角度分布の解析には、二段階モデルを超えた新しい理論が必要である事が示された。
- c) 多電子励起状態や光電離に伴う価電子の励起や電離と言ったいわゆるShake過程は、電子相関に起因する現象である。そのような状態を検出する手段としては、高分解能化し易く検出感度が極めて高い理由から、しきい電子分光法が主流となっている。内殻励起領域には、上述したように、内殻吸収スペクトル中に多電子励起状態が多数存在するが、これらを高分解能しきい電子分光法で調べた例はない。そこで、これらの電子状態に関する知見を得る事を目的として、高分解能しきい電子検出器と対称性分離分光装置を組み合わせた新しい分光法を実現するべく装置の立ち上げを行っている。また、電子やイオンの角度分布とエネルギー分布の同時計測を可能にするため、二次元検出器を組み込んだ新しいエネルギー分析器を製作し、現在立ち上げを進めている。(下僚助手)
- d) 自由電子レーザー(FEL)を実際の分光実験に利用する事を目指して、UVSORマシングループと共同研究を進めている。放射光とレーザーを組み合わせたいわゆる二色実験は、フランスのLUREをはじめ、各地の放射光施設で行われ、成果も報告されているが、放射光とFELを組み合わせた実験例は殆ど報告がない。そこで我々は、これを世界に

先駆けて行う事を最優先し、既にLUREで研究成果が上がっているXe原子の $5p^5(^2P_{3/2})4f$ 共鳴自動イオン化状態の観測にターゲットを絞り実験を行った。綿密にアライメントを行い、実験条件を最適化する事により、FELを用いた気相実験としては世界で初めてこの共鳴状態の観測に成功した。

B-1) 学術論文

T. KIYOKURA, F. MAEDA, Y. WATANABE, Y. IKEKAKI, K. NAGAI, Y. HORIKAWA, M. OSHIMA, E. SHIGEMASA and A. YAGISHITA, “Throughput Measurement of a Multilayer-Coated Schwarzschild Objective Using Synchrotron Radiation,” *Opt. Rev.* **7**, 576 (2000).

K. ITO, J. ADACHI, R. HALL, S. MOTOKI, E. SHIGEMASA, K. SOEJIMA and A. YAGISHITA, “Photoelectron angular distributions from dissociative photoionization channels of fixed-in-space molecular hydrogen,” *J. Phys. B.* **33**, 527 (2000).

Y. TAKATA, E. SHIGEMASA and N. KOSUGI, “Mg and Al K-edge XAFS measurements with a KTP crystal monochromator,” *J. Synchrotron Radiat.* **8**, 351 (2001).

R. GUILLEMIN, E. SHIGEMASA, K. LE GUEN, D. CEOLIN, C. MIRON, N. LECLERCQ, P. MORIN and M. SIMON, “Dynamical Angular Correlation in Molecular Auger Decay,” *Phys. Rev. Lett.* **87**, 203001-1 (2001).

B-4) 招待講演

E. SHIGEMASA, “Anisotropy in molecular inner-shell photoexcitation, photoionization and subsequent decay processes,” VUV-XIII Satellite Meeting “Decay Processes in Core-Excited Species,” Rome (Italy), July 2001.

T. GEJO, “A two-color experiment on Xenon at UVSOR,” “Workshop on Scientific Opportunities with the SOLEIL Free Electron Laser,” Paris (France), September 2001.

B-6) 学会および社会的活動

学会の組織委員

第14回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム組織委員(1999-).

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員(1999-2001).(下條助手)

C) 研究活動の課題と展望

ようやく高性能斜入射分光器を有する専用ビームラインの建設が終了し、新しい研究拠点の整備の半分が終了した。引き続いて、実験装置の整備を重点的に進めているところである。他施設での研究とは異なる独自性を出すために、当面は、内殻励起状態の解釈、特にスペクトル同定に繋がる情報を引き出す実験手法の開発に重点を置きたい。これは、直線偏光に対する分子の空間的な配向や原子核の運動が、電子放出や解離過程に対してどのように影響するのかといったダイナミクスの詳細の解明のためには、その初期状態である内殻励起状態の正しい解釈が不可欠だからである。ダイナミクスの研究をUVSORで実現するためには、二次元検出器内蔵の高効率同時計測装置の開発が必須である。しかし、このような装置の開発・立ち上げにはかなりの時間が必要なので、国内外の放射光施設での共同研究も当面は継続して行く方針である。また、FELと放射光の二色実験も、比較的实验のやり易い希ガスを中心に実験条件に相応しい系を模索しつつ、アルカリ原子や分子も視野に入れながらマシングループとの共同開発研究を進めて行くつもりである。