

VII-4 気体物性グループ
 助教授 森岡弓男
 物理学研究科(4名)
 教育研究科(2名)

【1】 H_2 及び D_2 のしきい光電子スペクトル

最も簡単な分子イオンとして、 H_2^+ は実験と理論において興味深い対象であり、 $H_2^+(x'\Sigma_g^+)$ の分子定数やポテンシャルカーブは高い精度で計算されていて、その精度は現在の実験的計測の技術水準以上の $0.1-0.2\text{cm}^{-1}$ である。

$H_2^+(x'\Sigma_g^+)$ の部分的な回転スペクトルは、NeI やHeI を用いた光電子分光法によって観測されている。Pollard 等は、 $H_2^+(x'\Sigma_g^+)$ の広範囲の振動スペクトルを観測しており、その解離エネルギー D_0 が 21375cm^{-1} であることを示した。また、彼らの実験では、部分的に回転スペクトルも得られており、その解析から回転定数 B_0 は $29.99\pm 0.30\text{cm}^{-1}$ であると報告している。低い振動準位の完全な回転スペクトルは、最近になって、真空紫外レーザーを用いた実験で報告されているだけである。この報告では $H_2^+(x'\Sigma_g^+, v=2, j=0-3) - H_2^+(x'\Sigma_g^+, v=0, j=0-3)$ の遷移が確認されている。今回、我々の実験では、シンクロトロン放射光を利用して、しみだし電場型しきい光電子分析器とTOFを用いた電子とイオンの coincidence 測定を行い 1.4meV (FWHM)の高分解能を実現した。図1に H_2 のしきい光電子スペクトルを示す。振動準位が18まで観測され初めて理論値の予測が確認された。

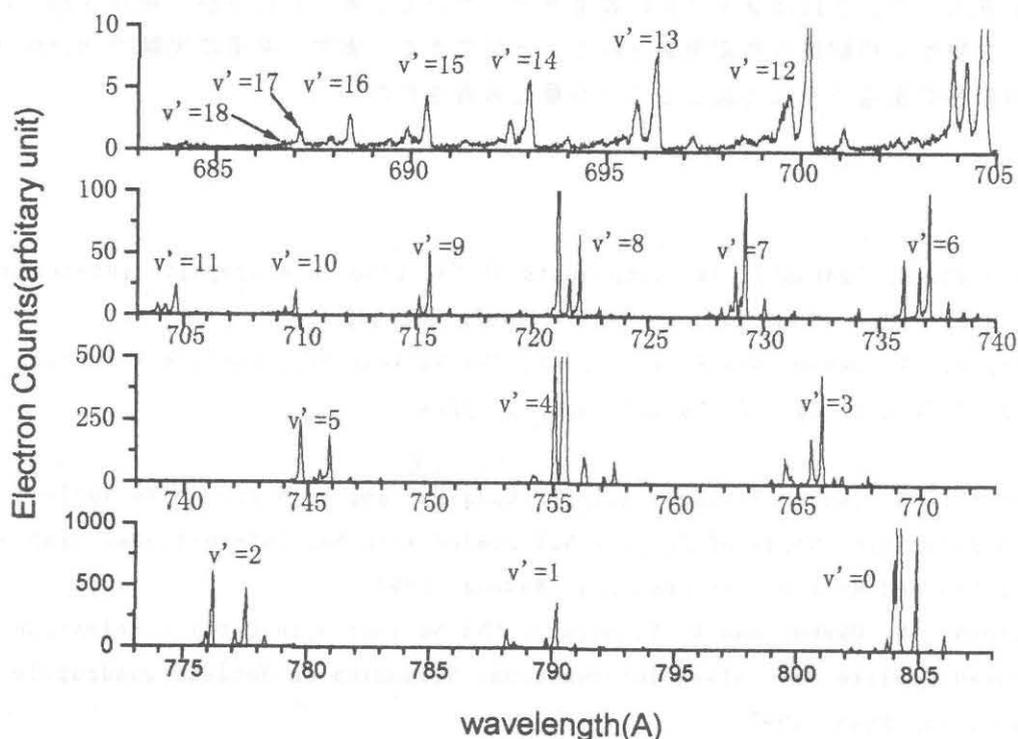


図1 H_2 のしきい光電子スペクトル。 H_2^+ は振動準位が18までであると言われていたが、この実験で確認された。

【2】大気分子の光電離の研究

宇宙空間、特に地球上層大気に多量に存在する O_2 、 N_2 分子、又そのイオンについての完全な理解は、将来必ず必要となるだろう。又、太陽光中の真空紫外光と上層大気との相互作用は非常に大きいので、人間の生活に様々な形で関わってくる。例えば、フロンガスから出る塩素原子によるオゾン(O_3)の破壊や、地球の温暖化に関係する様々なガスの生成等が挙げられる。この相互作用は、大部分は光電離と光解離が占めている。我々は、これらの大気分子のイオン状態の完全な理解を、高分解能しきい光電子分光法を用いて、振動及び回転状態の測定を通して行おうとするものである。 N_2 や O_2 分子イオンについては、その基底状態と相対的に低い励起状態の非常に高い振動状態まで観測し、特に N_2 については或る振動状態の回転準位まで観測している。この観測により N_2 イオンや O_2 イオンのポテンシャル曲線をかなり正確に計算することが出来る。

研究の特色)

- (1) 今まで不可能と思われていた非常に高い振動数の状態までの観測している。
- (2) 超音速ノズルビームによる冷却法を用いて、回転準位分布を単純にしている。
- (3) 高分解能しきい光電子分析器(分解能1 meV以下)の使用。
- (4) 高分解能分光器(3m直入射型で調整が完成している)の使用。
- (5) シンクロトロン放射のパルス特性を利用して、スペクトルのエネルギー分解能を更にあげている。

昨年と同様 O_2 のしきい光電子スペクトルの解析を進めているが、今年度は第二解離極限以上に解離するイオン状態の解析が進んだ。 O_2 の様々な励起状態のしきい光電子スペクトルを図2に示す。図には、励起状態bの近傍の様々な状態の振動構造がはっきり見られる。これらは殆ど新しく見つめられた状態である。

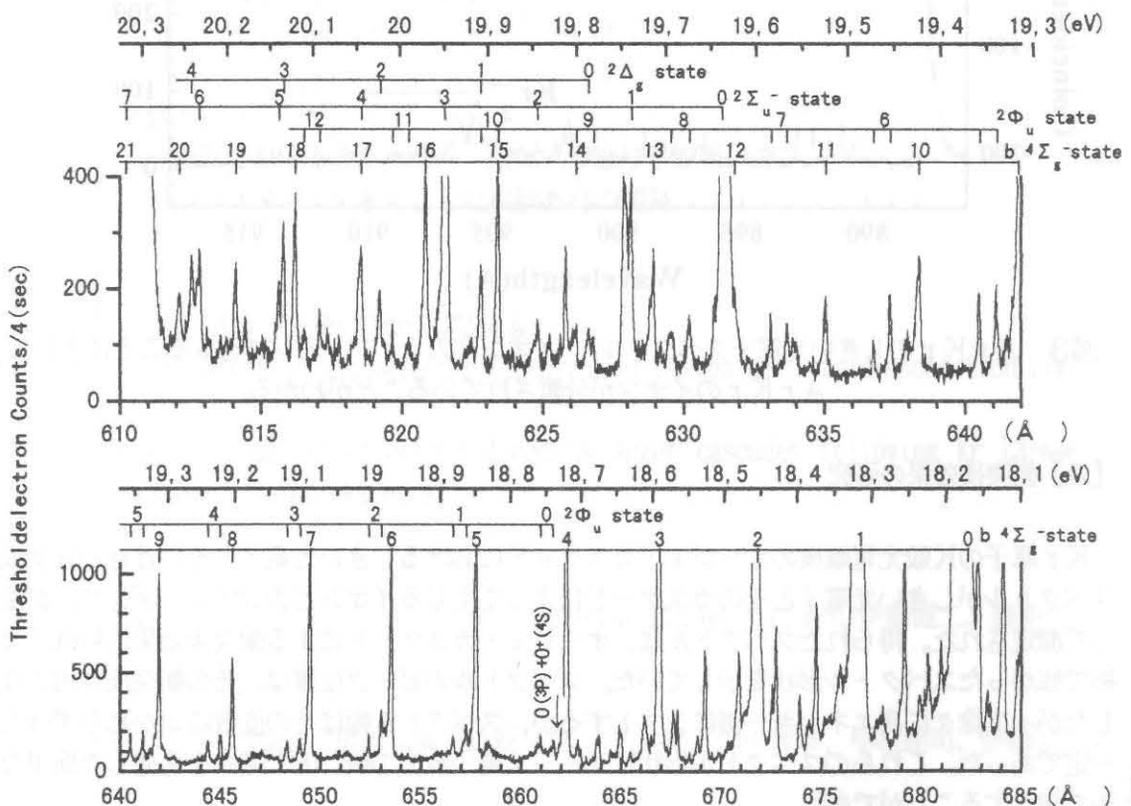


図2 O_2 の様々な励起状態のしきい光電子スペクトル。これらは第二解離極限以上に解離するイオン状態である。

【3】希ガスヘテロダイマーのしきい光電子分光

ダイマーは最も基本的クラスターであり、2つの化学的に安定な物質がファンデルワールス力により、結びついてものである。この力によって結合している分子をファンデルワールス分子という。ファンデルワールス分子である希ガスダイマーの結合力は十数 meV で常温での分子の熱運動エネルギー(25 meV)以下である。結合エネルギーが小さいため、他の分子との衝突によってすぐ解離してしまい、常温では安定に存在できない。このように希ガスダイマーは不安定であるため、生成が難しく研究が始められたのはおよそ20年ほど前である。我々の研究室では、超音速ジェットノズルを用いて様々な希ガスダイマーを生成し、その電子構造を研究している。昨年度からの解析が進んで ArKr について図3のように解析された。

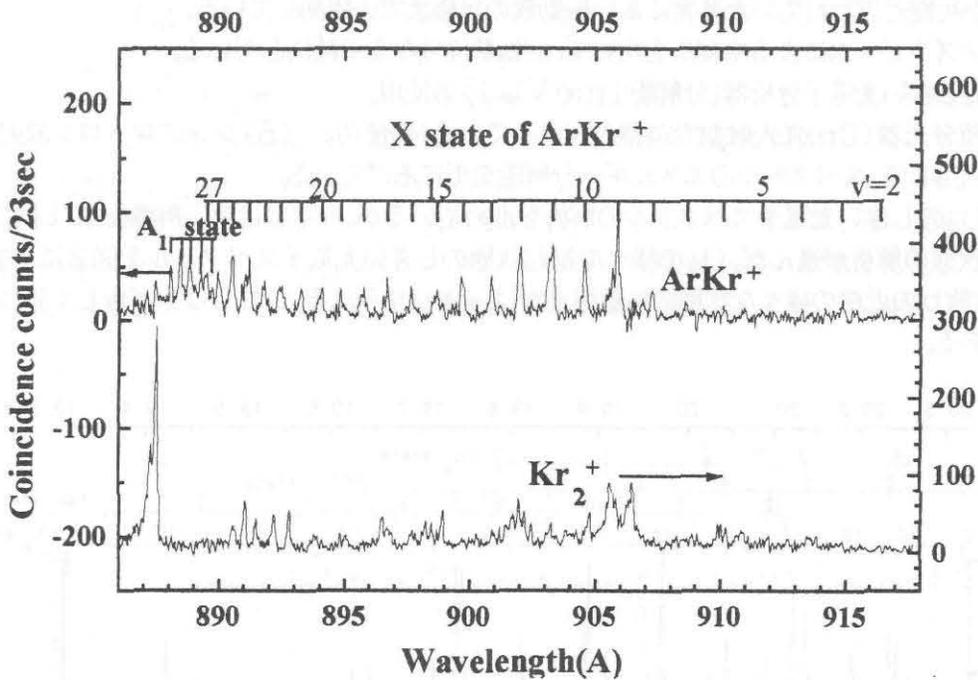


図3 ArKrのしきい光電子スペクトル。イオンとのコインシデンスを取ることでKr₂とArKrのイオンが分離されていることがわかる。

【4】衝突後効果の研究

Kr原子のK殻光電離後のオージェ・カスケードにおけるしきい光電子とそのdecay成分のスペクトルがしきい光電子とそのカスケードによって生じるイオンとのコインシデンス計測法によって測定された。得られたスペクトルは、オージェ・カスケードによる衝突後効果の特徴的な非対称で広がったスペクトル形状を示していた。スペクトルのピーク位置は、その衝突後作用の度数にしたがって徐々に高エネルギー側にシフトするが、スペクトル幅はその度数にかかわらずほとんど一定であった。これらのスペクトル形状はオージェ電子放出の統計的な確率を考慮した簡単なモデルで解析することができた。

<論文>

1. Y.Morioka, T.Tanaka, H.Yoshii.; Vibrationally Resolved TPEPICO Spectra of ArKr: *J. Chem. Phys.* 109, in press(1998)
2. T.Tanaka, H.Yoshii, Y.Morioka.; High Resolution threshold photoelectron spectrum of oxygen in the 18-24 eV region: *J. Chem. Phys.* 108, 6240-6248(1998)
3. T.Akahori, Y.Morioka T.Tanaka.; High Resolution threshold photoelectron spectrum of oxygen in the 12-19 eV region: *J. Chem. Phys.* 107, 4875-4880(1997)
4. H.Yoshii, T.Tanaka, Y. Morioka.; New N_2^+ electronic state in the region of 23-28 eV: *J. Mol. Spectrosc.* 186, 155-161(1997)

<報告>

- 1) T.Hayaishi, Y.Tanaka, Y.Morioka: POST-COLLISION INTERACTION EFFECTS MEASURED BY THRESHOLD PHOTOIONIZATION METHODS: Photon Factory Activity Report, 9, (1996) 1997年発行
- 2) H.Yoshii, Y.Morioka Y.Tanaka.; NEW ELECTRONIC STATES OF N_2^+ : Photon Factory Activity Report, 337, (1996) 1997年発行
- 3) Y.Morioka Y.Tanaka: VIBRATIONAL STRUCTURE OF THE N_2^+ GROUND STATE OBSERVED BY THRESHOLD PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY: Photon Factory Activity Report, 338, (1996) 1997年発行

<学位論文 (理学博士)>

- 松井高史: High Resolution Absorption Cross Section Measurements of the Schumann-Runge Bands of O_2 by VUV Fourier Transform Spectroscopy
田中智明: Electronic Structure of Excited States of O_2^+

<学位論文 (教育修士)>

- 1) 代田禄之: 高校物理におけるカオス教材—剛体二重振り子を用いて—
- 2) 窪田正臣: 力学的エネルギーを題材とした実験教材の開発

<学会講演>

第20回 ICPEAC (電子原子衝突物理国際会議)

- 1) High Resolution threshold photoelectron spectrum of oxygen near the dissociation limit: Y.Morioka et al
- 2) Post collision interaction effects induced by Auger cascades following Kr L3-shell ionization: T.Hayaishi, Y.Morioka et al

日本物理学会

- 1) Ar, Kr, Xe イオンのサテライト: 吉井裕、田中智章、猿田剛、早石達司、伊藤健二、森岡弓男

日本放射光学会

- 1) Ar_2^+ のポテンシャル曲線: 尾沼猛儀、森岡弓男、吉井裕、田中智章、早石達司、伊藤健二