

VII-4 気体物性グループ
助教授 森岡弓男
大学院生 (4名)

【1】シンクロトロン放射を用いた気体の光電離の研究

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。この相互作用のうち光電離と光解離が大部分を占めていて、我々はこの光電離と光解離をシンクロトロン放射を用いて研究している。また、様々な簡単な分子、特に希ガス分子をつくり、その分子定数を決定することにより、レーザー発振等の応用物理に基礎的資料を提供しようとしている。

(a) 高分解能しきい光電子スペクトルの観測

通常の光電子分光では分解能は 10 meV 程度である。我々はしきい光電子測定に飛行時間法を用いて meV の分解能を目指している。光源としてシンクロトロンからのパルス光を利用し、試料に光照射した後出てくる電子のエネルギーを飛行時間法で測定する。この方法はエネルギーが低いほど分解能が良いので、ゼロエネルギーの電子が出る光の波長を分解能良く測定することによりイオンの準位を決定できる。例えば、Xe原子のしきい光電子スペクトルの測定では 1 meV の分解能が得られている。図1に第1イオン化領域でのXeのしきい光電子を示す。

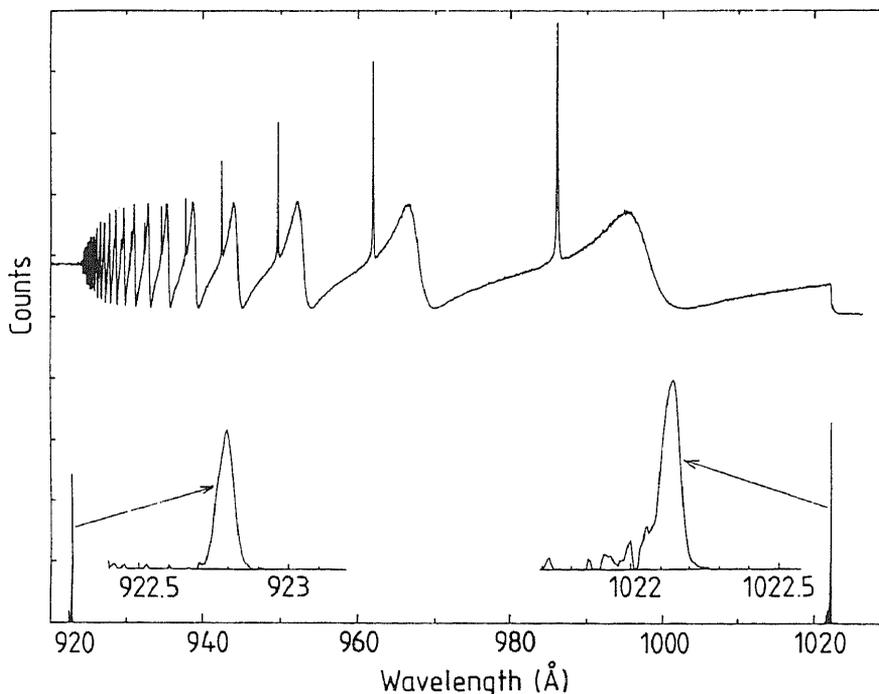


図1 : 2つの 2P イオン化極限の間のXeとのしきい光電子スペクトルとXeの光イオン化スペクトル。分解能は 1 meV である。

(b) シンクロトロンからのパルス光を用いた光電子スペクトルの観測

最近シンクロトロン放射やレーザーのパルス光を利用した実験は多い。この中で、光電子の飛行時間測定での利用は少ないようである。しかし、飛行時間型光電子分光はいくつかの利点を持っている。一つはエネルギー掃引を必要としないので、通常の実験器、例えば半球型エネルギー分析器に位置検出器を備えたものに対抗しうる。もう一つは、エネルギー分解能が優れている点である。ただ少し不利な点もあって、例えば、パルス光源を必要とすること、スペクトルがエネルギーに対して線形に得られないこと、それに伴って分解能がエネルギーに対して一様でないこと等である。

我々はシンクロトロン放射光をパルス光源として使い、光電子スペクトルを測定している。まだ、理想の分解能は得られていないが、実験や計算によりスペクトルの分解能等について論議している。装置は図2に見られるように電子が最初に発生した場所のずれを補償する型のものである。最近得られた O_2 の光電子スペクトルを図3に示す。

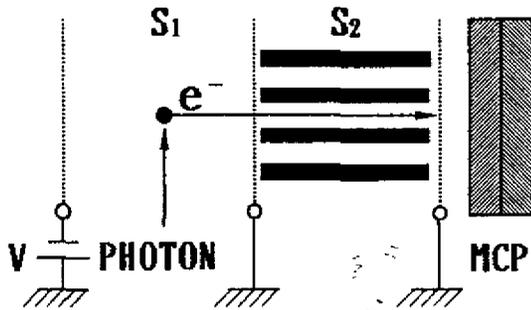


図2 S_1 はイオン化領域で長さは2 cmで、その中央に光を集光する。 S_2 は長さ2 cmのfield-free領域で、パイプの束が置かれている。パイプの径は1 mm、長さは20 mmより少し短い。MCPはマルチチャンネルプレートである。

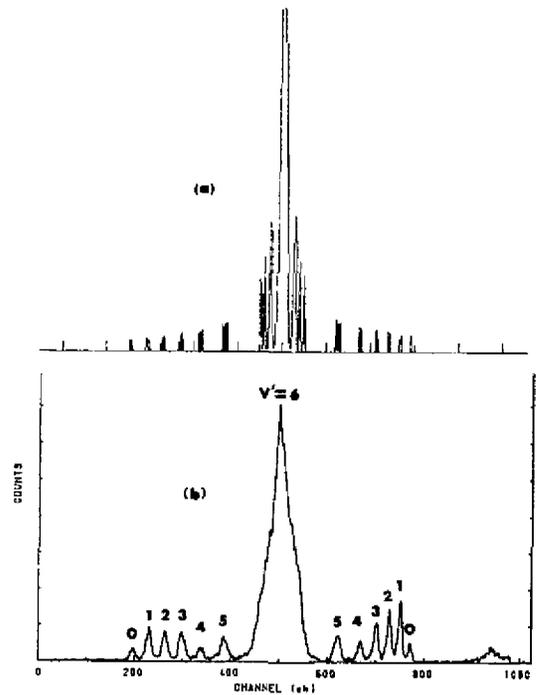
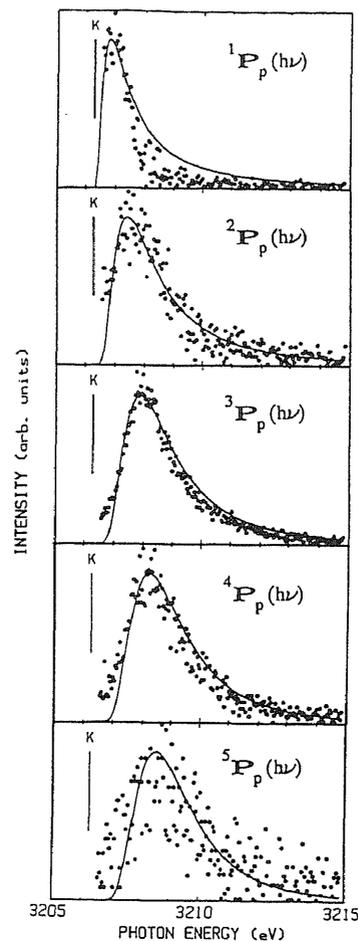


図3 O_2 の $a^+ \pi_g$ 状態の光電子スペクトル。(b)が実験値、横軸は時間で、1 channel 約100 psec、縦軸は fullscale 300 counts、集積時間は1000秒である。(a)は計算によるシミュレーション、ただしバンドの強度は v' に対して一定として計算した、横軸は(b)と同じ長さになるように調整されている。

【2】衝突後効果の研究

アルゴン原子の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。図4に実験と理論の比較を示した。

図4 Comparison between the theory and experiment for the times from $n=1$ to 5 in the Auger cascades. The full curve is ${}^n\text{P}_p(h\nu)$ in equation, and the dots are for the experiment. The peak intensities for equation are fitted to the experimental peaks.



<論文>

- (1) High-resolution measurement of threshold photoelectrons with a time-of-flight spectrometer:
Y. Morioka, Y.Lu, T.Matsui, K.Ito and T. Hayaishi, Meas.Sci.Technol. 5 (1994)1366-1369
- (2) Post-collision interaction effects of photoelectron induced by Auger cascade:
T.Hayaishi, Y.Morioka et al J. Phys.B:27 (1994)L115-121
- (3) Ground and excited states of Xe_2^+ observed by high resolution threshold photoelectron spectroscopy of Xe_2 :
Y.Lu, Y.Morioka, T.Matsui, T.Tanaka, H.Yoshii, R.I.Hall, T.Hayaishi and K.Ito: J.Chem.Phys. 102 (1995) 1553-1560
- (4) A high-flux 3-M normal incidence monochromator at beamline 20A of the Photon Factory :
K.Ito, Y.Morioka, M.Ukai, N. Kouchi, Y.Hatano and T.Hayaishi :Rev. Sci.Instrum. 66 (1995) 2119-2121

<学位論文 (博士) >

Lu Ying: The electronic structure of xenon dimer ions and photoionization spectra of small xenon clusters

<学位論文(修士)>

田中智章：30 eV領域におけるO₂の光電離

<学会講演>

日本物理学会

1. 森岡弓男、呂英、松井高史、早石達司、伊藤健二：Xeダイマーの高分解能しきい光電子スペクトル
2. 早石達司、村上栄五郎、呂英、繁政栄治、柳下明、小池文博、森岡弓男：Xe L₃殻電離のオージェカスケードによる衝突後効果