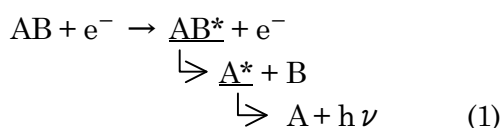


3P083 分子二電子励起状態ダイナミクス研究のための

第二世代コインシデンス電子エネルギー損失分光システムの開発

(東工大院化学) ○中里 智治、小田切 丈、福澤 宏宣、宮城 晴英、河内 宣之

電子・分子衝突による分子二電子励起状態の生成・崩壊のダイナミクスは、電子相関効果を如実に反映する多中心系として、興味深い研究対象である。しかし、イオン化連続状態に埋もれているため、従来の電子エネルギー損失分光法では、分子二電子励起状態の観測そのものが困難であった。そこで、本研究室では、電子・分子衝突における散乱電子と、二電子励起状態からの中性解離フラグメントが放出する光子との、同時計数に基づくコインシデンス電子エネルギー損失分光法を提案し、それを実用化した[1-7]。この手法では、次の過程における放出光子 $h\nu$ で標識された、電子エネルギー損失スペクトル(コインシデンス電子エネルギー損失スペクトル)を測定する。



この手法の利点は、イオン化の寄与を取り除くことができることであり、それをを用いて、電子・ H_2 衝突における H_2 二電子励起状態を初めて観測することに成功した[2]。しかし、電子-光子同時計数測定に長時間を要するため、入射電子エネルギー、電子散乱角を変化させることや、様々な分子に適用するなどの重要な実験を遂行することが困難なままである。そこで大幅な測定時間の短縮を目指し、位置敏感電子検出器(PSD)と二次元同時計数システムを備え、エネルギー分散散乱電子と光子との同時計数を、あるエネルギー範囲で一度に取ることができる、第二世代コインシデンス電子エネルギー損失分光システムを開発した。

実験装置の概略を図1に示す。装置は、電子モノクロメータ、PSDを備えた電子エネルギー分析器、マイクロチャンネルプレート(MCP)と光学窓の組み合わせによる光子検出器、および計数系から構成される。エネルギー分析された散乱電子は、PSDで検出され、Position Analyzerにより位置演算処理された後、エネルギー情報に対応する一次元digital dataを生成する。一方、PSDで電子を検出した際にPosition Analyzerから出力されるエネルギー非分散の信号をstart、光子を検出した際にMCPから出力される信号をstopとして、Time-to-Amplitude Converter(TAC)により散乱電子と光子との遅延同時計数測定を行い、散乱電子と光子との時間差に対応する一次元digital dataを生成する。これら二つの一次元digital dataにはタイミング信号が付加されており、二次元同時計数装置(Coincidence-AT)により、タイミング信号同士の時間差から2つのdigital dataの同時性を判断する。散乱電子と光子との間の速いタイムスケールでの同時計数と2つのdigital data間の遅いタイムスケールでの同時計数を組み合わせている点に、本システムの特徴がある。こうして、エネルギー分析した散乱電子と光子との同時計数の結果を、電子のエネルギーと時間の二つを軸とする一枚の二次元画像として、取得することができる。

さて、PSDを用いる際に問題となるのが、以下の二つである。

1)エネルギー分散の非線形性

2)感度とエネルギー分解能の非一様性

1)の問題は、実際に入射電子エネルギーを変化させて、エネルギー分散曲線を測定することにより解決した。2)の問題は、一般には、電子エネルギー分析器を掃引することにより、解決することが多い。しかし、この手法は、本システムにおいては、現実的ではない。というのは、一枚の同時計数画像を取得するための時間と掃引のステップ数を考慮すると、当初の目標である大幅な

測定時間の短縮が、不可能となるからである。そこで、電子-光子同時計数率の定式化に基づく、徹底的な考察を行い、独自の解決法を考案した。

一例として、入射電子エネルギー80eV、電子散乱角 12 度にて測定された、 H_2 のコインシデンス電子エネルギー損失スペクトルを図 2 に示す。これは、Lyman- α 光子で標識された H_2 の電子エネルギー損失スペクトルである。ここに現れている二つのピークは、 H_2 の二電子励起状態に由来している[2,3]。しかし、26eV ピークの起源である 2 電子励起状態については、いまだに論争が続いている[2,3,6,7]。この本質的に重要な問題を解決するために、第二世代システムの果たす役割は大きいと期待される。というのは、様々な入射電子エネルギー、電子散乱角で図 2 のようなスペクトルを測定することができるからである。また、それにとどまらず、第二世代システムの出現が多電子励起分子研究の端緒となることが期待されている。

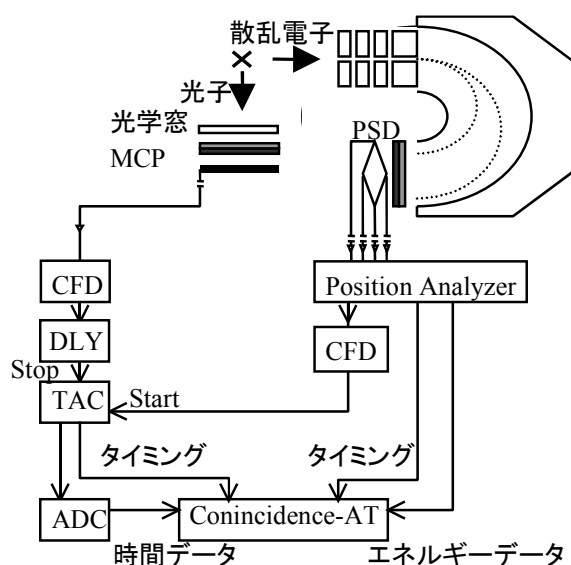


図1 第二世代コインシデンス電子エネルギー損失分光システムの概略図 電子モノクロメータは省略した。

MCP:マイクロチャンネルプレート
 PSD:位置敏感電子検出器
 CFD: Constant-Fraction Discriminator
 DLY:Delay
 TAC:Time-to-Amplitude Converter
 ADC:Analog-to-Digital Converter
 Coincidence-AT:二次元同時計数装置

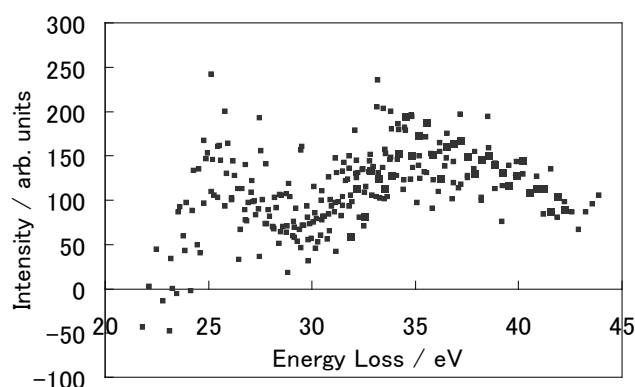


図2 第二世代システムで測定された、 H_2 のコインシデンス電子エネルギー損失スペクトル。入射電子エネルギーは、80eVであり、電子散乱角は、12度である。

[1] T. Odagiri *et al.*, J. Phys. B **28**, L465 (1995), [2] T. Odagiri *et al.*, J. Phys. B **29**, 1829 (1996)
 [3] N. Uemura *et al.*, J. Phys. B **31**, 5183 (1998), [4] T. Odagiri *et al.*, J. Phys. B **32**, 1335 (1999)
 [5] T. Odagiri *et al.*, J. Phys. B **34**, 4889 (2001), [6] T. Odagiri *et al.*, Nucleonika **48**, 95 (2003)
 [7] T. Odagiri and Kouchi, Physica Scripta (2004) in pressed.