

3P125

炭化水素分子内での強光子場誘起水素マイグレーション
(東大院理¹, NTT物性研²) 沖野 友哉¹, 古川 裕介¹, Peng Liu¹, 板倉 隆二¹,
星名 賢之助¹, ○山内 薫¹, 中野 秀俊²

【序】近年の強光子場中における多原子分子の解離性イオン化に関する研究から、分子中の水素原子が結合解離の前に移動することが知られるようになった [1]。また、強光子場中におけるメタノール分子に関する研究結果から水素原子イオンおよび水素分子イオンの生成が確認されている [2, 3]。本研究では、コインシデンス運動量画像法 [5] を用いて強光子場中におけるメタノール分子における水素マイグレーション過程を調べた。

【実験】フェムト秒レーザーの出力 (800 nm, 0.14 mJ/pulse, 60 fs, 3 kHz) を焦点距離 150 mm のレンズで分子線として導入したメタノール分子に集光照射し、強光子場 (0.2 PW/cm^2) を生成した。フラグメントイオンは、速度投影型電極で引き出し、2次元位置敏感型検出器で検出を行った。2次元位置情報 (Δx , Δy) と、飛行時間 (t) から、解離チャンネルごとの解離フラグメントイオンの運動量の決定を行った [5]。単一親イオンからの解離過程を抽出するために、パルス当たりの超高真空チェンバー中で測定を行い、カウントレートをパルスあたり 0.4 イベントに抑えた。

【結果と考察】メタノール二価イオン $\text{CH}_3\text{OH}^{2+}$ からの二体解離経路と三価イオン $\text{CH}_3\text{OH}^{3+}$ からの三体解離経路から、水素マイグレーション過程が確認された。二体解離経路では、C-O結合の解離を伴う解離経路、 $\text{CH}_3\text{OH}^{2+} \rightarrow \text{CH}_{(3-m)}\text{OH}_{(1+m)} \rightarrow (m=0, 1, 2)$ において水素マイグレーションがコインシデンス運動量画像より確認された (図1)。解離フラグメントイオンの角度分布の異方性 $\langle \cos^2\theta \rangle$ は、 $0.72 (m=0)$, $0.72 (m=1)$, $0.74 (m=2)$ であり、水素原子移動の有無によらずほぼ一定の値をとることがわかった。このことは、強光子場中において、メタノール分子中の水素原子がC原子側からO原子側へとレーザーパルス幅内の非常に短い時間内に高速で移動することを示している [6]。

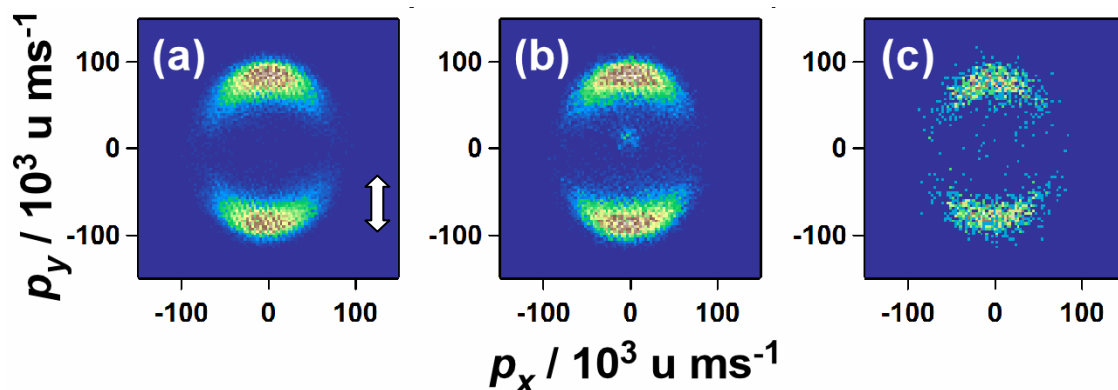


図1: 強光子場 ($\sim 0.2 \text{ PW/cm}^2$) 中で生成したメタノール分子の2価イオン $\text{CH}_3\text{OH}^{2+}$ から放出されたフラグメントイオンの2次元コインシデンス運動量画像 [(a) CH_3^+ , (b) CH_2^+ , (c) CH^+] 図(a)中の矢印は、レーザー偏光方向を表す。

一方、三体解離経路の場合には、図 2 に示すようにC-H結合とC-O結合の解離を伴う解離過程 $\text{CH}_3\text{OH}^{3+} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_2^+ + \text{OH}^+$ (上段) に加えて、水素マイグレーションを伴う解離過程 $\text{CH}_3\text{OH}^{3+} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}_2^{2+} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}^+ + \text{OH}_2^+$ (下段) が確認された。二体解離経路同様に、フラグメントイオンの異方性に变化が無いことから、強光子場中で非常に高速に水素マイグレーションが誘起されていることが明らかとなった。また、図 2 の上段の解離過程の場合、コインシデンス運動量画像から得られる運動量相関図の解析結果から、1つの水素原子の分布が、C原子側からO原子側にわたる非常に広いものとなっていることが明らかとなった。

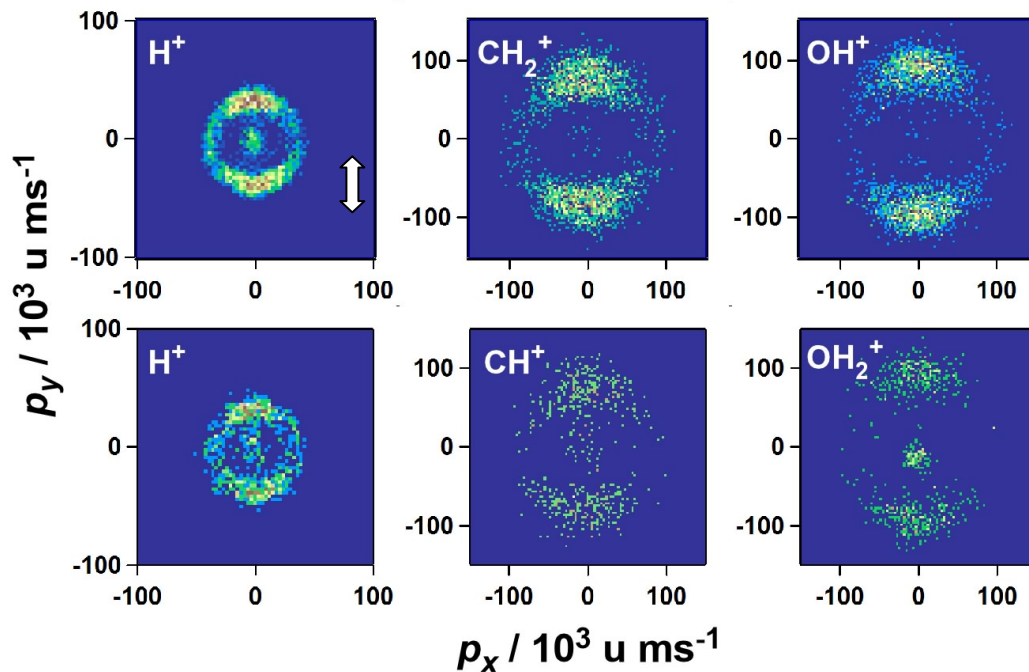


図 2: 強光子場 ($\sim 0.2 \text{ PW/cm}^2$) 中で生成したメタノール分子の三価イオン $\text{CH}_3\text{OH}^{3+}$ から放出されたフラグメントイオンのコインシデンス運動量画像

(上段) $\text{CH}_3\text{OH}^{3+} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_2^+ + \text{OH}^+$, (下段) $\text{CH}_3\text{OH}^{3+} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}_2^{2+} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}^+ + \text{OH}_2^+$

【参考文献】

- [1] A. Hishikawa, H. Hasegawa, K. Yamanouchi, J. Electr. Spectrosc. Relat. Phenom. 141 (2004) 195.
- [2] Y. Furukawa, K. Hoshina, K. Yamanouchi, H. Nakano, Chem. Phys. Lett. 414 (2005) 117.
- [3] T. Okino, Y. Furukawa, P. Liu, T. Ichikawa, R. Itakura, K. Hoshina, K. Yamanouchi, H. Nakano, Chem. Phys. Lett. 419 (2006) 223.
- [4] T. Okino, Y. Furukawa, P. Liu, T. Ichikawa, R. Itakura, K. Hoshina, K. Yamanouchi, H. Nakano, J. Phys. B 39, (2006) S515.
- [5] H. Hasegawa, A. Hishikawa, K. Yamanouchi, Chem. Phys. Lett. 349 (2001) 57.
- [6] T. Okino, Y. Furukawa, P. Liu, T. Ichikawa, R. Itakura, K. Hoshina, K. Yamanouchi, H. Nakano, Chem. Phys. Lett. 423, (2006) 220.