

4P007

準安定 CO 分子のアライメント状態選別と CO*+NO 反応の立体ダイナミクス

(阪大院理¹, 台湾大学², IAMS³) ○蔡 徳七¹, 中村 雅明^{1,2}, Tsai P.-Y.^{2,3}, Lin K.-C.^{2,3},
笠井 俊夫^{1,2}

Generation of aligned metastable CO molecular beam and stereodynamics in the CO+NO reaction

(Osaka univ.¹, NTU², IAMS³) D.-C. Che¹, M. Nakamura^{1,2}, P.-Y. Tsai^{2,3}, K.-C. Lin^{2,3},
T. Kasai^{1,2}

【序】分子の光子吸収確率は光の電場ベクトル E と分子の遷移双極子モーメント μ のなす角 θ に依存するため、偏光レーザーを用いれば分子のアライメント状態を選別できることが可能である。偏光レーザーを用いて IBr や Na_2 といった分子を光解離する方法で分子のアライメント状態を選別した研究が既に報告されているが、高強度のレーザーが必要である。また、分子に核スピが存在する場合、角運動量との相互作用によって角運動量ベクトルの量子化軸方向射影成分のミキシングが起こり詳細なアライメント状態の解析を困難にしていた。今回、我々は偏光レーザーを用いて準安定 CO(a) 分子を高密度で生成した。偏光レーザーの偏光面を回転することで、分子のアライメント方向を制御した分子線の生成に成功した。本研究では、アライメント状態を選別した分子線特性を報告する。更に、NO 分子との反応で生成した励起 NO^* (A, B) 生成の分子アライメント状態依存性の測定から、反応の立体ダイナミクスに関する結果を報告する。

【実験】実験装置図を図 1 に示す。He でシールドした CO 分子線に対し、206nm の直線偏光 pump レーザーを対向方向に入射させ $a^3\Pi(J=1, \Omega=1) \leftarrow X^1\Sigma^+(J=0)$ の遷移により準安定 CO(a) を生成した。レーザーの偏光面は偏光子により制御した。一方、偏光面を回転可能な直線偏光 probe レーザー (283nm) を直角で交差させて $b^3\Sigma^+ \leftarrow a^3\Pi$ の遷移により $b^3\Sigma^+$ 状態を経由した (1+1) 多光子イオン化法により CO 分子をイオン化した。第三直角方向に設けた加速電場によりイオンを引き込み、マイクロチャンネルプレート (MCP) で検出した。

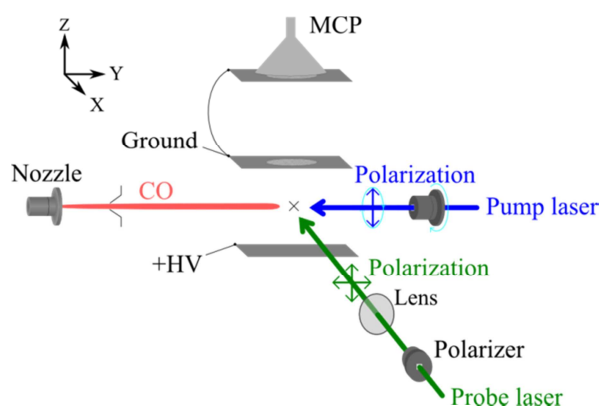


図 1. 実験装置図

【結果と考察】CO の $a^3\Pi \leftarrow X^1\Sigma^+$ 遷移は光学的に禁制であり、CO(a) は数 ms の寿命を持つことが知られている。206nm による CO(a) 生成は光学的に許容な $A^1\Pi \leftarrow X^1\Sigma^+$ 遷移からの intensity borrowing により起こり、そのため選択則は $1\Pi \leftarrow 1\Sigma^+$ の遷移に従う。回転量子数 $J=0$ の場合、CO $a^3\Pi$ は純粋に Hund's case (a) に従うため、 $\Omega=1$ の成分 $a^3\Pi_1$ のみが許容である。m 準位に

についても $J=0$ からの遷移のため $m=0$ の成分のみ存在し、CO 分子は核スピンを持たないため m 準位のミキシングが起こることもない。このように生成した準安定 CO(a) 分子は非常に高度に量子状態選別されている。

Probe 光の偏光方向を分子線進行方向に対して垂直に固定し、Pump 励起光の偏光面を回転させたときの信号強度の変化を図 2 に示す。測定結果を ● で示している。結果から、レーザーの偏光面を変化させることで信号が周期的に変化していることがわかる。CO(a) 及び CO(b)

生成に関してはどちらも垂直遷移で励起が起こると考えられる。その場合、検出される信号強度は式 1 のように表すことができる。

$$I_{\text{REMPI}} \propto \iint P_{\perp}(\theta, \phi, \beta_{\text{pump}}, \frac{\pi}{2}) P_{\perp}(\theta, \phi, \beta_{\text{probe}}, 0) \sin\theta d\theta d\phi = \frac{4\pi \cos^2 \beta_{\text{pump}} \cos^2 \beta_{\text{probe}} + 12\pi}{15} \quad (\text{式 1})$$

計算結果を図中の実線で示しており、実験結果とよく一致している。励起光の偏光方向を変化させた場合の分子軸の配向分布を偏光ベクトルと共に図中に示した。この結果から、偏光レーザーを用いてアライメント状態を選別した準安定 CO(a) 分子線の発生に成功したことが確認された。

アライメント状態を選別した CO(a) 分子と NO 分子との反応により生成した NO(A, B) の立体ダイナミクスについて調べた。NO 分子線は CO 分子線と直角に交差させた。生成した NO(A, B) からの化学発光を第三直角方向に設けた光電子増倍管により観測した。偏光子によりレーザー光の偏光面を変化させた場合の信号強度を観測した。結果を図 3 に示す。偏光角が 0° は CO 分子の側方方向からの衝突を優先させた場合に相当し、また、 90° の場合は CO 分子の分子軸方向からの衝突を優先させた場合の反応である。結果から明らかに、CO(a)+NO 反応においては、CO(a) 分子の側方に向けて NO 分子が衝突した際に反応が優勢であることがわかる。この結果は六極電場を用いた大山らの実験結果と良い一致を示した。[1] 今後、六極電場を用いて NO 分子の配向状態を選別し、且つ、本研究で報告したアライメント状態を選別した CO(a) 分子との反応の研究を行うことでより詳細な立体反応ダイナミクスの研究を行う。

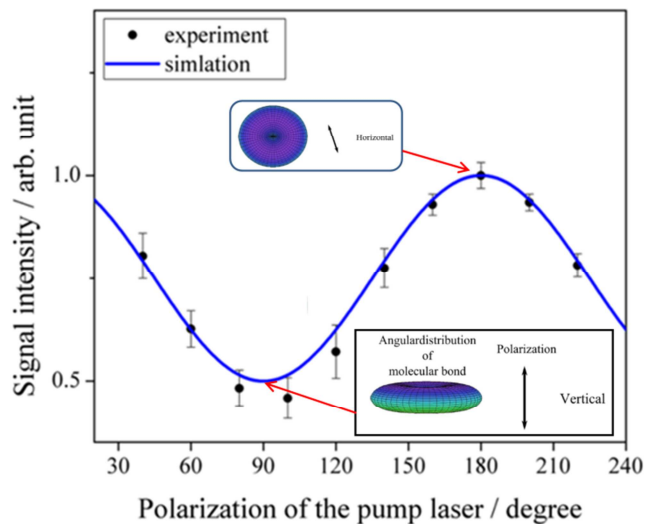


図 2. CO⁺生成の偏光依存性

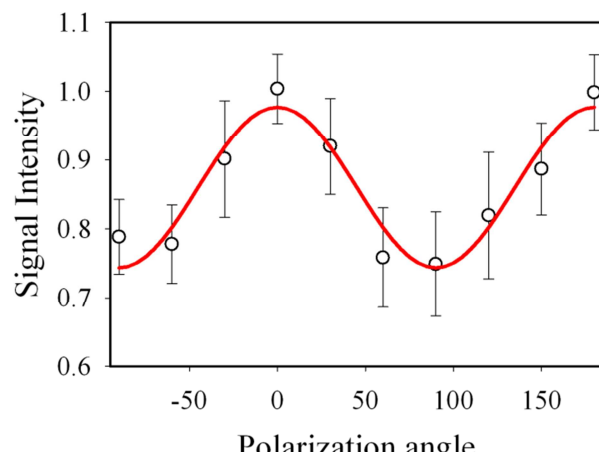


図 3. CO(a)+NO 反応のアライメント状態依存性

[1] H. Ohoyama and Y. Matsuura, J. Phys. Chem. A, 115, 8055, (2011)