

気液界面ヘリウム直流グロープラズマにおける レーザー誘起 OH($A^2\Sigma^+$)の衝突クエンチング

Collisional quenching of laser-induced OH($A^2\Sigma^+$) in gas-liquid interface helium dc glow plasma

北大工 ○石亀 裕晃, 西山 修輔, 佐々木 浩一

Hokkaido Univ. H. Ishigame, S. Nishiyama, and K. Sasaki

E-mail: ishigame@athena.qe.eng.hokudai.ac.jp

研究背景および目的

気液界面プラズマ現象の基礎過程の解明を目的に、水面と針電極の間に形成されるヘリウム直流グロー放電プラズマの気相側における OH ラジカル密度の空間分布をレーザー誘起蛍光法(LIF)によって測定する実験を行っている。大気圧プラズマにおける LIF 実験では、衝突クエンチングが LIF 強度に重大な影響を与えるため、衝突クエンチングの特性を十分に調べておくことが OH ラジカル密度に関する測定結果の定量性確保に不可欠である。本講演ではレーザー誘起 OH($A^2\Sigma^+$)のクエンチング特性を報告する。

実験方法

観測窓を有するアクリル製水槽の内部を濃度 1%の塩化ナトリウム水溶液で満たした。注射針を加工して作成した針電極からヘリウムを水面に向かって垂直に吹き付け、針電極を陽極・水面を陰極とする直流グロー放電プラズマを発生させた。水面と注射針の先端との間隔は 4 mm とした。プラズマにシート状に整形にした波長 283.037 nm の OPO レーザーパルスを入射することにより、OH ラジカルの基底状態 $X^2\Pi(v''=0)$ を $A^2\Sigma^+(v'=1)$ に励起した。 $A^2\Sigma^+(v'=1)$ - $X^2\Pi(v''=1)$ のレーザー誘起蛍光像および振動準位間のエネルギー輸送の結果生じる $A^2\Sigma^+(v'=0)$ - $X^2\Pi(v''=0)$ のレーザー誘起蛍光像を ICCD カメラにより撮影した。ICCD カメラのゲート幅を 40 ns とし、レーザーの照射時刻からの遅れ時間に対するレーザー誘起蛍光強度の時間変化を求めた。

実験結果および考察

ヘリウム流量 70 ccm, 放電電圧 4.8 kV, 放電電流 40 mA の場合に得られた結果を Fig. 1 に示す。図の横軸 t は ICCD カメラのゲートの立ち上がり時刻であり、 $t \sim t+40$ ns の間の LIF 強度が時間積分されて記録されている。ゲート開放の時間帯が OPO レーザーパルスの持続時間をまたがる間には LIF 強度の急激な増加と比較的緩やかな減衰が観測されているが、LIF 強度が指数関数的に減少する時間帯では OPO レーザーによる OH($A^2\Sigma^+$)の生成(励起)は停

止しているものと考えられ、LIF 強度の減衰は OH($A^2\Sigma^+$)の消滅速度をあらわしているものと考えられる。OH($A^2\Sigma^+$)の放射寿命は 6 μ s であるが、Fig. 1 に示された LIF 強度の減衰時定数は放射寿命よりはるかに短いため、OH($A^2\Sigma^+$)の消滅過程において支配的な過程は衝突クエンチングであると言える。

衝突クエンチングの周波数は、そのレート計数を k_q 、クエンチャーの密度を n_q として $v=k_q n_q$ で与えられる。Fig. 1 には水面からの距離が異なる 4 つの位置における LIF 強度の時間変化が示されており、水面に近い領域ほど LIF 強度の減衰時定数が短い。したがって、OH($A^2\Sigma^+$)の消滅を支配するクエンチャーは水面付近において高い密度を有するものと考えられ、その第一候補は水面から発生する H_2O である。 H_2O の衝突による OH($A^2\Sigma^+$)のクエンチング反応のレート係数は $4.2 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$ であることが知られている。一方、水面からの距離が 0-1 mm の領域における OH($A^2\Sigma^+$)の消滅周波数は Fig. 1 から $v=3.7 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$ と求まる。したがって、クエンチャーが H_2O であるとの仮定の元では、水面から 0-1 mm の領域における H_2O の密度は $8.8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ と評価される。

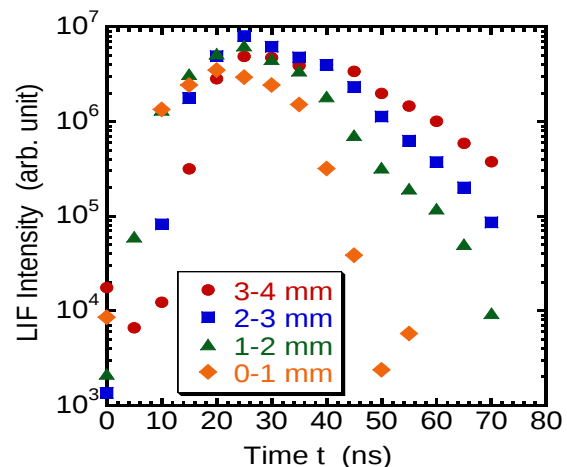


Fig. 1 Temporal variations of the LIF intensity from OH($A^2\Sigma^+$) observed at various distances from the water surface.