

3P041

液滴から生成する単一粒子触媒のトラップ反応装置の開発

(学習院大学理学部) ○東浦 哲、河野 淳也

Development of apparatus for reactivity evaluation of trapped single particle catalyst produced from liquid droplet

(Gakushuin Univ.) ○Tetsu Higashiura, Junya Kohno

[序論]本研究は、単一の微粒子触媒を反応気体中に固定し、その反応性を短時間で網羅的に評価することが目的である。その手段として、反応気体中で微小液滴から単一粒子触媒を合成し、その反応熱を測定する。具体的には、まず、触媒成分を含む液滴の静電トラップ反応装置を開発し、多成分の金属を含む酸化物担持触媒の単一粒子合成を行う。酸化物担持触媒は、トラップした微小液滴に CO_2 レーザーを照射し、加熱することで合成する。そして、触媒と反応気体を反応させたときの反応熱を赤外線サーモグラフィ(IR)カメラを用いて観測し、反応性の評価を行う。本発表では、(1) 装置の全体像、(2) NaCl 水溶液より生成させた NaCl 微粒子のトラップ、および(3) トラップした NaCl 微粒子への CO_2 レーザー照射による温度上昇の測定結果について報告する。

[実験] 実験装置の概略図を図1に示す。装置は、液滴ノズル、イオン化電極、トラップ部により構成されている。それぞれは移動ステージに取り付けられており、反応気体中で操作できる。トラップ部では、 CO_2 レーザーによって加熱合成された触媒粒子からの放射を IR カメラで観測できる。本研究においては、試料溶液として 10% NaCl 水溶液を用いた。圧電素子駆動のノズルを用いて、直径約 $70 \mu\text{m}$ の液滴を生成した。イオン化電極に与えた電圧($-500 \sim +500 \text{ V}$)により液滴に電荷を付与した。平行平板ディフレクターによる変位から電荷量を求めた。

荷電液滴および、そこから生成する触媒微粒子は、リング電極への高周波電圧($40 \sim 500 \text{ Hz}$, $1 \sim 4 \text{ kV}$)の印加により気相中にトラップした。エンドキャップ電極に電圧($0 \sim 18 \text{ V}$)を印加することで、荷電粒子のトラップ位置を微調整した。液滴から微粒子を生成する過程では、徐々に溶媒が失われて質量が減少するため、

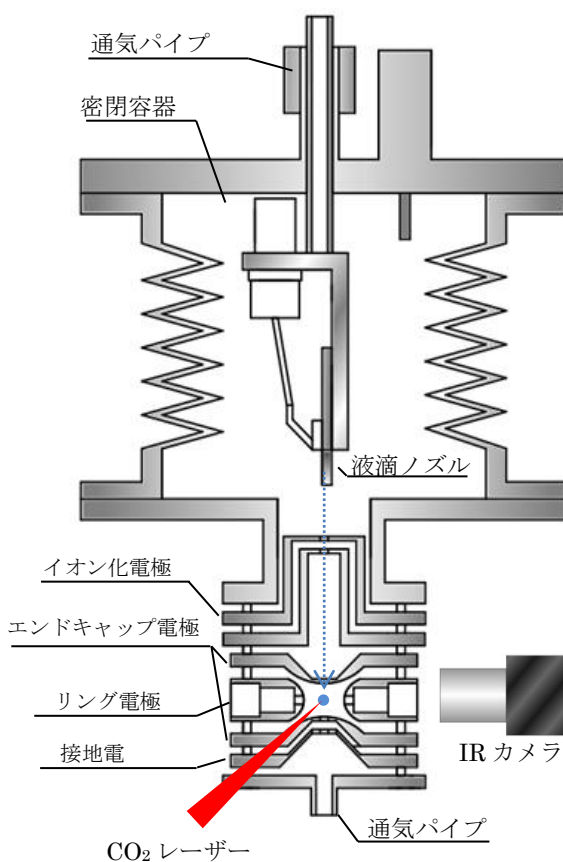


図1 単一粒子触媒トラップ反応装置

リング電極の周波数を変化させることにより安定なトラップを実現した。トラップした粒子は、顕微鏡レンズを通して CCD カメラにより観測した。

トラップした NaCl 粒子に CO₂ レーザー(3 W, 2.5 kHz)を 100 ms 照射し、NaCl 粒子を加熱した。IR カメラを用いて、リング電極に取り付けられた窓から装置内のトラップ粒子の温度を測定した。本実験では、CO₂ レーザー照射を止めた後の粒子の温度変化を測定した。温度校正は、トラップ領域に設置し、通電加熱したタングステンフィラメントにより行った。

【結果】イオン化電極に電圧を印加したときに液滴に付与される電荷量を図 2 に示す。液滴の電荷は、イオン化電極に与えられた電圧と反対極性であった。トラップした NaCl 粒子に CO₂ レーザーを照射した直後の、CCD カメラおよび、IR カメラによる観測画像を図 3 に示す。CCD 画像では、微粒子は直径 24 μm の大きさに観測された。一方、IR カメラ画像では、75 μm の大きさに広がっていた。NaCl 粒子への CO₂ レーザー100 ms 照射後の温度変化を図 4 に示す。CO₂ レーザー照射直後の NaCl 粒子の温度は 1280 K であり、それが室温へ 260 s⁻¹ の時定数で減少した。

【考察】液滴に付与した電荷がイオン化電極に印加した電圧と反対極性であったことから、液滴への電荷付与は液滴ノズルから液滴を生成するときの電荷の偏りによって起こっていると考えられる。

図 3 から、IR カメラを用いて観測した NaCl 粒子からの赤外放射は、粒子径よりも大きな領域から観測された。これは、IR カメラの測定波長が 8 ~ 14 μm であるため、十分な分解能の画像が得られなかったためだと考えられる。一方、冷却の時定数を空気への熱伝導を考えて見積もったところ 260 s⁻¹ となり、実験値よりも大きくなった。この違いについて考察を進めている。

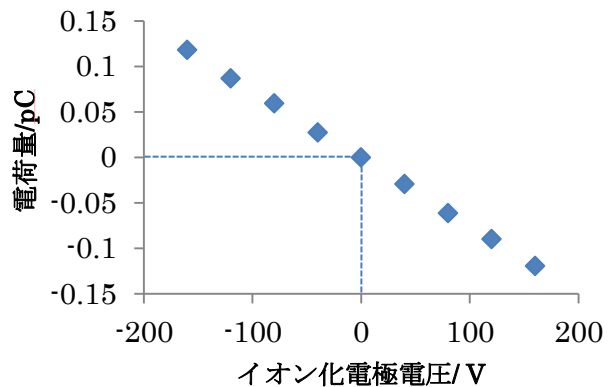


図 2 液滴の電荷量のイオン化電極の電圧に対する依存性

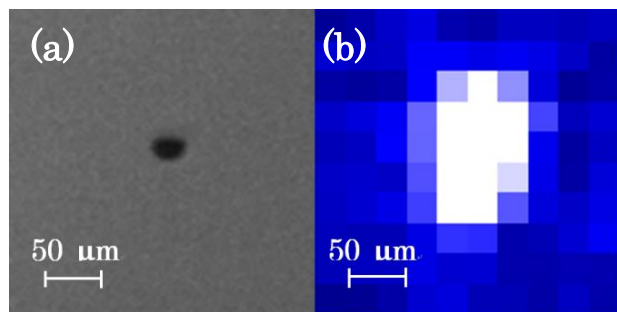


図 3 CO₂ レーザー照射直後のトラップ NaCl 粒子の画像 (a) CCD カメラ画像, (b) IR カメラ画像

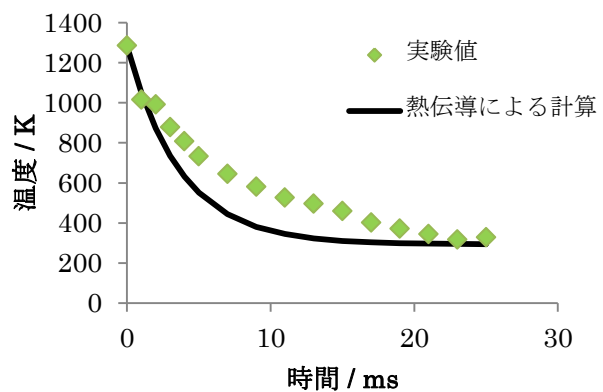


図 4 CO₂ レーザーを 100 ms 照射後の NaCl 粒子の温度変化