

研究計画

1) 研究目的および意義

元素資源の枯渇に対応し、資源を有効活用するために、代替元素資源の探索が喫緊の課題となっている。本研究は、(1) 気相トラップ技術を用い、多成分からなる触媒の性能をハイスループットに測定する新しい技術を開発し、(2) 安価で入手の容易な物質から、希少元素を用いた現行の触媒と同等以上の性能を持つ触媒を作り出すことを目的とする。一般に、新規触媒を開発するためには、多種類の構成要素の組成を最適化する必要がある。従来法においては、組成の異なる多種の試料を大量に合成し、閉鎖循環反応装置などを用いて評価していた。この作業には多くの時間がかかるため、効率化が求められていた。この問題を解決するため、液滴原料から粉末触媒の1粒を精密に合成し、その反応性を直接測定する。この単一微粒子触媒の反応をそのままの形で評価することによって、微量の試料を用いて多種の触媒を迅速に評価する。本研究が完成すれば、単一粒子触媒の温度測定による反応性の評価が可能となり、新規ハイスループット触媒開発法として展開できる。

2) 研究内容および方法

本研究は、触媒開発という課題に、液滴による単一微粒子触媒合成という新しいアプローチを提案するものである。具体的には、実用粉末触媒の1粒を気相中に合成し、その反応性を評価することによって、ハイスループットの実用触媒評価を実現する。これまでの研究において、タンデムトラップ装置を開発した。(1) 液滴原料の混合とトラップを行う液滴混合トラップの開発(2) 液滴から合成した単一微粒子のCO₂レーザー焼成とラマン分光による同定を行う反応トラップの開発、(3) 液滴混合トラップと反応トラップの接合によるタンデム化に成功している。

一方、現段階では射出した液滴を100%の確率でトラップできないという問題点を残している。トラップ領域の広いリニアトラップによって単一微粒子触媒の合成と評価ができれば、効率が向上し、実用的な触媒評価法として確立することができる。

本研究では、リニア4重極トラップによる液滴のトラップを実現し、CO₂レーザー焼成とラマン分光による同定を行うトラップ反応装置を開発する。正方形を底面とする四角柱状にステンレス棒を配置し、対角線で向かい合う棒は導通させ、2つの電極とする。その電極に高周波、高電圧を印可することによって、四角柱の中心線に液滴をトラップする。四角柱にはさらに柱方向にも直流のポテンシャルを設け、液滴を一定位置にトラップする。トラップした液滴から生成した微粒子のCO₂レーザー焼成を行い、ラマン分光法により同定する。トラップした単一粒子触媒の反応性を、赤外レーザー加熱とサーモグラフィカメラを用いた放射温度測定により評価する。

3) 研究スケジュール

本研究は、(1) リニア4重極トラップによる液滴のトラップ、(2) CO₂レーザー焼成とラマン分光による粒子の合成と同定、および(3) 赤外レーザー加熱とサーモグラフィカメラを用いた放射温度測定により合成した単一粒子触媒の反応性評価を行う。本研究が完成すれば、単一粒子触媒のトラップ内合成と温度測定による反応性の評価が可能となり、新規ハイスループット触媒開発法として展開できる。

2019年度には、(1) リニア4重極トラップによる液滴のトラップ、(2) CO₂レーザー焼成とラマン分光による粒子の合成と同定を行う。電極の作成と設置、高周波高電圧電源との接続を行い、リニア4重極トラップを開発する。開発した装置を用いて触媒成分を含む液滴をトラップし、CO₂レーザー焼成により単一微粒子触媒を合成する。ラマン散乱光の効率的測定のために、高感度CCDカメラを導入する。

2020年度には、前年度に開発した装置を用いて実際に単一粒子触媒を合成し、サーモグラフィカメラを用いて反応性の観測を行う。具体的には、塩化金酸、4塩化チタンの混合水溶液の液滴から金担持酸化チタンの単一粒子触媒を合成する。触媒微粒子の周囲をCOとO₂の混合気体で置換し、微粒子をCO₂レーザー照射によって加熱し、温度上昇をサーモグラフィカメラにより観測する。反応性の高い単一粒子触媒ほど、反応熱による温度増加が大きいいため、サーモグラフィカメラによる画像の強度増加として反応性を評価することができる。

4) その他(文理融合、大学間連携等について特筆すべき点があればご説明ください)