

## 審査の結果の要旨

論文提出者 ファハド シカンダール カーン

本論文は「A Comparative study of novel materials for electrochemical reduction of CO<sub>2</sub> in aqueous solutions (電解液中二酸化炭素の電気化学還元に適した新規材料の比較検討)」と題し、地球温暖化の抜本的解決に向けて二酸化炭素を水溶液中で電気化学的に還元することについて、電極触媒材料の観点から、金属および酸素族化合物の比較検討を行なった結果について英文で論じたものであり、8章より構成されている。

第1章は序論であって、研究の背景、動機、目的と、論文の構成が述べられている。

第2章は「Important considerations in CO<sub>2</sub> reduction」と題し、CO<sub>2</sub>の電気化学還元の基本となる事項、即ち電極材料、電解液、ペーハー、電極構造、反応不活性化等について解説している。

第3章は「Experimental details」と題し、電気化学的CO<sub>2</sub>還元実験の詳細、特に電気化学特性の測定法、生成気体の分析法、電解液の分析法、ファラデー効率の導出方法について述べている。

第4章は「Solar fuel study using CPV and Au, Sn bulk metals」と題し、金または錫バルク電極を用いた電気化学還元セルを、変動する自然光下の集光型多接合太陽光発電と最大電力点追跡回路を用いて駆動することによって、CO<sub>2</sub>をギ酸、一酸化炭素に還元する実証実験を行った結果について述べている。その結果、太陽光からギ酸を生成するエネルギー効率として、4.3%という高い値を実証している。

第5章は「Arc plasma deposited Cu, Au metal nanoparticles」と題し、アークプラズマ堆積法によって生成したインジウム錫上の金・銅複合ナノ粒子によるCO<sub>2</sub>電気化学還元実験を行なったことについて論じている。その結果、標準水素電極に対し-1.7Vで、ギ酸生成のファラデー効率として71%を得ることに成功している。

第6章は「Sulfide-based chalcogenide material - germanium-sulfide-indium」と題し、硫黄ベースのカルコゲナイド材料、特に硫化ゲルマニウムインジウムガラスのCO<sub>2</sub>還元触媒電極としての働きを初めて実験的に調べた結果について論じている。バルク状で用いた場合に一酸化炭素生成ファラデー効率として15%、粒状で用いた場合にギ酸生成効率として26%という電極触媒としての性能を実証している。

第7章は「Oxide-based chalcogenide material - Cu<sub>2</sub>O」と題し、カルコゲナイド材料としてより安定な酸化物、中でも特に亜酸化銅のCO<sub>2</sub>還元触媒電極としての作用を実験的に調べたことについて論じている。炭素紙上にミクロンサイズの亜酸化銅微粒子を1平方センチあたり2mg装荷し用いたところ、6%のファラデー効率でエチレンが生成し、31%の効率でギ酸が生成された。銅電極と比較して還元生成物の種類が少なく、炭素2原子を含む分子の生成能が高いことが示された。

第 8 章は結論であって、得られた成果を総括するとともに将来展望について述べている。

以上のように本論文は、CO<sub>2</sub> の電気化学的還元技術について、自然光下の集光型太陽電池と電気化学セルの組み合わせで CO<sub>2</sub> からギ酸を還元生成できることを実証し、アークプラズマ堆積金・銅複合ナノ粒子電極により 71%のファラデー効率でギ酸を電気化学還元生成できることを示し、さらに硫化ゲルマニウムインジウム電極で一酸化炭素およびギ酸の還元生成が可能であることを見出し、最後に亜酸化銅微粒子電極により 2 炭素分子であるエチレンを発生させることに成功したもので、電気化学・環境科学への貢献が少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。