

杉本 渉

目的別テーマ：ナノ構造を制御した機能性金属酸化物の合成と応用

17 年度研究テーマ

15-1-11：層状酸化物のナノ空間を利用する機能性材料

ABSTRACT

Oxide nanosheets, owing to the nanometric dimensionality and high surface/bulk ratio, are promising nanomaterials that can provide novel features common particles cannot offer. In this study, the electrochemical behavior of layered potassium ruthenate, layered sodium ruthenate, and their nanosheet derivatives was studied. Enhanced electrocatalytic activity towards the chlorine evolution reaction was achieved by using layered potassium ruthenate coated RuO_2/Ti electrodes. A novel ruthenate nanosheet with thickness of 0.2 nm was prepared by soft-chemical reactions. This material showed excellent high charge storage capability in sulfuric acid. Furthermore, it has been shown that ruthenate nanosheets can be used as a co-catalyst in fuel cell related anodes and cathodes, with high electrocatalytic activity and durability.

研究目的

酸化物ナノシートコロイドはその特異な性質により、通常バルク固体では発現しない様々な機能性を有する。本研究では、プロトン・電子混合導電性を有する層状酸化物およびナノシートを合成し、無機-有機ナノ複合体を調製し、電気化学エネルギー蓄積材料、変換材料ならび電極触媒としての特性を検討する。

一年間の研究内容と成果

層状構造を有するカリウム型層状酸化ルテニウム、ナトリウム型層状酸化ルテニウムならびにこれらから誘導されるナノシートの電気化学スーパーキャパシタ特性、燃料電池触媒活性、塩素発生活性を検討した。これら材料はプロトン・電子混合導電性を有し、酸化物表面、層間がレドックス活性を有し、電気化学エネルギーデバイスあるいは工業電解用電極触媒として有望であることを見出した。下記に詳細を記す。

1. ナトリウム型層状酸化ルテニウムおよびその誘導体と大容量スーパーキャパシタ特性

ナトリウム型層状酸化ルテニウムの化学処理により、層間イオンが交換可能な新規層状ルテニウム酸ナトリウムを合成した。この材料を中間体として四級アルキルアンモニウム層間化合物を創製し、層厚 0.2 nm の超ナノシートを得た。得られた新規ナノシートは従来酸化ルテニウムナノシートと比較し、比静電容量は大きく、スーパーキャパシタ用電極材料として極めて有望である。

2. カリウム型層状酸化ルテニウムの電解用電極触媒活性

カリウム型層状酸化ルテニウム微粉末を RuO_2/Ti 電極に被覆した新電極を作製し、電解塩素発生用アノードとしての利用を検討した。電極作成法の工夫により、層状構造を破壊することなく基板との密着性に優れたシート電極を得ることができた。種々の

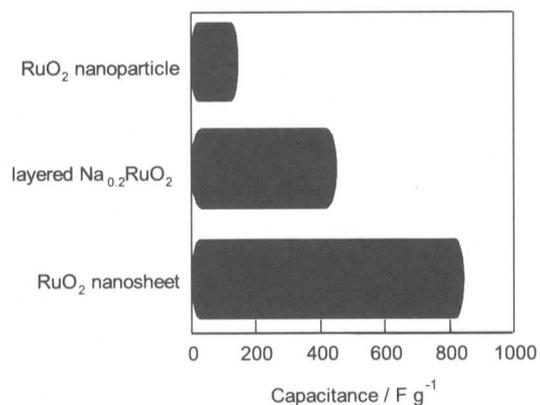
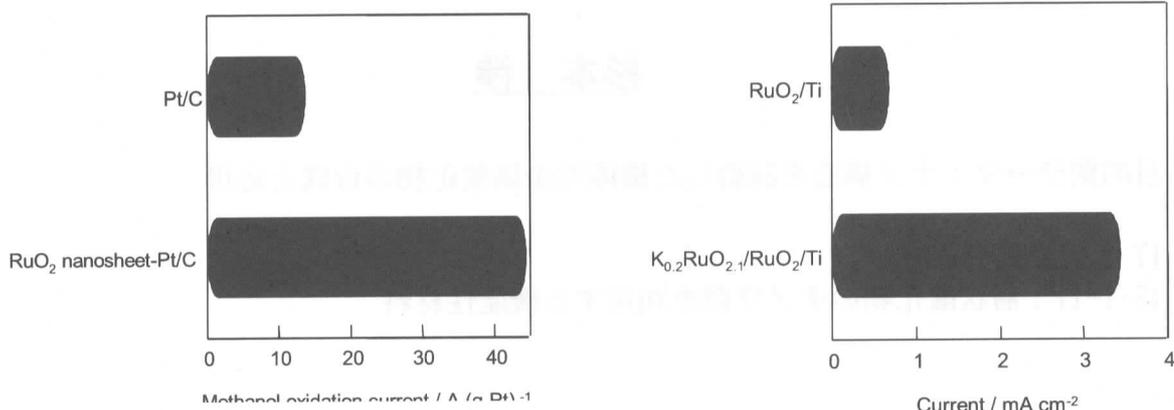


Fig.1 Comparison of the specific capacitance of novel RuO_2 nanosheet electrode.



解析の結果、層間ナノ空間を塩素発生反応場として利用していることがわかった。以上より、本電極をもちいることにより、省エネルギー運転を可能にする大電流電解や貴金属使用量の低減が期待できると考える。

3. カリウム型層状酸化ルテニウム誘導ナノシートの燃料電池用電極触媒活性

カリウム型層状酸化ルテニウムからナノシートを創製し、Pt/C 表面に被覆した複合電極触媒を調整し、メタノールや一酸化炭素酸化ならびに酸素還元用電極触媒活性を検討した。ルテニウム酸ナノシート表面はPtの助触媒として機能し、Ptのメタノールおよび一酸化炭素酸化活性を飛躍的に促進することを見出した。また、ルテニウム酸ナノシートは従来用いられてきた金属触媒とことなり、耐酸性、還元性に優れ、電気化学的安定性に優れていることがわかった。さらに、ルテニウム酸ナノシートの被覆により、Ptの溶解・凝集が抑制され、触媒の長寿命化が達成されることも見出した。

展望

層状酸化物やナノシートの構造的特異性により様々な新機能の発現が期待される。このような特異性を活かしたナノ空間を利用することにより、既存にない高機能性の付与あるいは材料の自由な「ナノ設計工学」が展開できる。所望の機能性に適した材料設計（例えば光学特性、電気化学特性、電極触媒活性、プロトニクスなど）を可能にする。今後、無機層の物理化学的性質を最大限に利用した電極材料、電極触媒特性といった機能性に着目した高付加価値機能性材料の創製を目指す。また、これら材料の電気化学蓄積・変換エネルギーデバイスへの応用、プロトニクスやエレクトロニクス分野への展開が期待され、さらに両者の性質を共有するプロトエレクトロニクスという新分野を開拓できる。