

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12050 号
------	---------------

氏 名 金 慧 玟

論 文 題 目

Solution Plasma Synthesis and Applications of Organic Carbons -
Inorganic Hybrid Materials
(ソリューションプラズマによる無機 - 有機カーボンハイブリッド材
料の合成と応用)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	齋藤 永宏
委員	名古屋大学	教授	市野 良一
委員	名古屋大学	教授	後藤 元信
委員	名古屋大学	准教授	山本 徹也
委員	名古屋大学	准教授	竹岡 敬和

論文審査の結果の要旨

金慧玟君提出の論文「Solution Plasma Synthesis and Applications of Organic Carbons - Inorganic Hybrid Materials (ソリューションプラズマによる無機-有機カーボンハイブリッド材料の合成と応用)」は、ソリューションプラズマにより、無機材料であるマンガン酸化物及び有機材料である炭素系材料、さらに、これらのハイブリッド材料をソリューションプラズマにより合成を行い、有機色素除去の吸着剤特性、磁性ナノ粒子特性の評価を行い、それらの特性を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、ソリューションプラズマプロセスの基礎として、材料合成例、反応場の特色、実験装置の概要について述べている。

第2章では、材料・環境工学分野での応用が期待される二酸化マンガン (MnO_2) を、ソリューションプラズマによる合成の検討を行っている。具体的には、 $KMnO_4$ 水溶液中のソリューションプラズマにより界面活性剤、酸化還元剤等の化学試薬を用いることなく MnO_2 を一段階合成し、シート状構造を有する安定なコロイドを得ている。さらに、合成したコロイド状 MnO_2 の安定性、構造、形態等の物理化学的特徴やその反応機構について検討を行っている。異なるpH条件 (pH 2、7および12) での MnO_2 合成の結果から、 MnO_4^- の MnO_2 への還元反応において、溶液中のpH及びプラズマ中で生成する水素ラジカルが重要な役割を果たし、その酸化状態が放電時間に強く依存することを明らかにしている。また、 $KMnO_4$ 水溶液に、グルコース、フルクトース、スクロースの3種類の糖を添加し、ソリューションプラズマ処理を行うことにより、多孔質 MnO_2 の合成を試みている。本論文のプロセスは、従来の湿式化学プロセスと比較し、反応時間が100分の1以下に短縮されている。さらに、得られた多孔質 MnO_2 は、比表面積が大きく、カチオン性有機色素を迅速に除去可能であることを明らかにしている。

第3章では、ソリューションプラズマによる炭素系材料の合成とその応用について検討している。有機溶液中のソリューションプラズマでは、C-H活性化反応により、カーボンの重合体が合成できる。具体的には、有機溶媒であるベンゼンを使用し、ソリューションプラズマによりメソポーラスカーボンを合成している。さらに、電極を所定の金属電極に変更し、ソリューションプラズマスパッタリング法を用いることにより、メソポーラスカーボンに担持金属ナノ粒子 (Co, Ni, Fe) 及び金属ナノ粒子内包カーボン材料を合成し、それらの磁性特性を検討し、これらの金属ナノ粒子とカーボンのハイブリッド材料は、常磁性を有することを示している。これは、カーボン系材料の新しい特性付与に関わる有用な知見である。

第4章では、ソリューションプラズマにより無機-有機ハイブリッド材料 (MnO_2 とカーボン系材料のハイブリッド材料) を合成し、有機色素吸着剤としての性能評価を行っている。一段階合成により、ハイブリッド材料を合成するため、ジシクロヘキサノ-18-クラウン-6エーテルに $KMnO_4$ を加え、それをベンゼンに混合させ、出発原料としている。クラウンエーテルは、親水性と疎水性の両方を有し、特にジシクロヘキサノ-18-クラウン-6エーテルがカリウムイオン (K^+) に対し、高い親和性を示すため $KMnO_4$ をベンゼンに溶解させることができる。錯体形成により溶解した MnO_4^- を酸化マンガン源、ベンゼンを炭素源とする合成デザインのもと、ソリューションプラズマにより MnO_2 -カーボンハイブリッド材料合成を実施している。さらに、得られたハイブリッド材料の構造的、化学的特性とともに、カチオン及びアニオン性有機色素の吸着能力を検証した。その結果、本実験で合成したハイブリッド材料は、カチオン性有機色素に良好な除去性能を発現し、 MnO_2 を含有しないカーボン材料と比較して約3倍の高い吸着能力を示している。また、 MnO_2 のみの材料と比較し、繰返し安定性を試験では、再利用性が高いことも明らかにしている。結果として、ハイブリッド構造を取ることで、各材料からの利点を相乗的に利用することに成功している。

第5章では、本論文の総括を示している。本論文では、ソリューションプラズマによる無機-有機ハイブリッド材料の合成と応用に関する研究に取り組み、ソリューションプラズマが、単一材料の合成だけでなく、ハイブリッド材料の合成にも革新的で効果的な方法であり、高性能な吸着剤、磁性材料の開発プロセスへ応用できることを示している。

以上のように本論文ではソリューションプラズマによるハイブリッド材料合成プロセスの提案と得られたハイブリッド材料の特性を明らかにしている。これらの合成方法並びに得られた特性は、ハイブリッド材料の可能性を広げる知見を示しており、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である金慧玟君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。