氏名	王 傲寒
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	博甲第 8041 号
学位授与年月日	平成 29 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	微細藻類残渣や農業廃棄物を原料とした機能性炭素材料の開発

主査	筑波大学准教授	博士(工学)	後藤博正
副査	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 機能化学研究部門 スマート材料グループ グループ長	博士(工学)	木原秀元
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	近藤剛弘
副査	筑波大学教授	博士(工学)	野村暢彦
副査	筑波大学講師	博士(工学)	柏木隆成

論　文　の　要　旨

審査対象論文は、バイオマスのエネルギー変換技術に関する問題で、廃棄物再利用の観点から、検討を加えたものである。まず炭素化したボトリオコッカス残渣の物性評価と応用が述べている。そして現代のエネルギー開発の背景を論じ、その中でボトリオコッカスによるオイルの生産と残渣の利用の可能性について論じている。次に炭素化したボトリオコッカス残渣の物性評価と応用が述べている。炭素化がもたらすボトリオコッカス残渣の変化、エネルギー分散型 X 線分析とX線光電子分光測定の結果分析による炭素化前後の元素含有量変化、赤外吸収スペクトル分析による炭素化過程の元素分析と化学結合変化電子スピン共鳴測定から見る諸炭素化温度におけるサンプルの磁気的挙動、^{57}Fe Mössbauer 分光法測定による強磁性物質の特定超伝導量子干渉計(SQUID)測定による磁性の評価、多孔性・導電性・磁性を併せ持つ炭素化したボトリオコッカス残渣の生成メカニズム、オイル抽出後のボトリオコッカス残渣の炭素化における不活性ガスの有無による結晶構造の違い、アルゴンガスの有無による結晶構造の変化、六角形結晶の元素分析、および Fe_3O_4@Carbon 触媒、ニトロベンゼンをアニリンに還元する実験について論じている。さらに維管束植物由来の螺旋紋導管をテンプレートとしたマイクロコイルの作製を行っている。またこれより得られたバイオカーボンマイクロコイルの表面観察と物性評価を行っている。

論文は、このようなバイオマス残渣に着目し、環境問題と機能材料への応用を提案し、実験によってその有効性を検証している。

審　　査　　の　　要　　旨

〔批評〕

本論文の第一章において、微細藻類残渣や農業廃棄物を念頭に置いたマテリアル変換技術の問題点を指摘し、微細藻類を石油産出源とする研究開発の今後の課題を明確に示した。これらを材料として炭素マテリアルへの変換技術の可能性を提案している。

第二章においては、微細藻類ボトリオコッカスの残渣を例にして、炭素化処理により多孔性、導電性、磁性を併せもつ炭素/鉄複合体の作製を行っている。微細藻類残渣に含まれる凝集剤が磁性をもたらす原因を突き止め、微細藻類残渣が“材料”として有効利用できることを実証している。

第三章において、炭素化処理の条件によって、ボトリオコッカス残渣から六角形の結晶が形成されることを発見している。この六角形結晶は大きさや厚さによらずに相似性を有し、炭素を 50％以上含むことを明らかにしている。この六角形を “Carbon Hexagon”と名付けている。

第四章では、900 °C で炭素化したボトリオコッカス残渣に含まれる鉄と炭素に注目し、触媒への応用を試みている。p-ニトロベンゼンからアニリンを得る還元反応において、炭素化したボトリオコッカス残渣が触媒として機能することを見出している。この炭素残渣によるニトロベンゼンへの変換反応をガスクロマトグラフィーで確認している。現在までにこの反応は通常スズを用いて行われてきた。しかし、ボトリオコッカス残渣からの炭素はこれを行うことが可能なことより、ボトリオコッカスの更なる工業的有用性が期待できる。

第五章では、維管束植物中にあるマイクロスケールの螺旋紋導管に注目し、炭素化処理を行うことで、螺旋秩序を有する炭素材料の作製を試みている。また有機化合物をあらかじめコーティングすることで、螺旋構造を維持できることを明らかにしている。スプリングの形状をもつ炭素は電磁波吸収など工業的に応用性が高い。

第六章においては、以上の研究を総括し、従来廃棄物とみなされる“資源”の秘めたるポテンシャルを引き出し、機能性炭素材料への応用および今後の展望を述べている。

以上、藻類残渣を用いた炭素系新機能材料の開発に成功している。表面構造の幾何性、触媒機能、焼成温度による磁性の変化など、今までにいずれも報告例がない。

このような研究は世界的に未だ例のない独創的な研究であり、将来応用的に社会に大きく貢献できることが期待される。

〔最終試験結果〕

平成 29 年 2 月 14 日、数理物質科学研究科学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。