




論文審査の結果の要旨

報告番号	博(工)甲第104号	氏 名	王 博
学 位 審 査 委 員	主査 相樂 隆正 副査 中谷 久之 副査 村上 裕人		  
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>王 博 氏は、2016年4月に長崎大学大学院工学研究科博士課程（5年一貫制）に入学し、現在に至っている。同氏は入学以降、当該課程の所定の単位を修得するとともに、酸化還元に駆動されて伸縮するヒドロゲルに関する研究を行い、その成果を2020年12月に英文の主論文“Study on Viologen-Incorporated Hydrogel and Its Redox-Driven Deformation”（和訳題目：「ビオロゲンを組み込んだヒドロゲルとその酸化還元伸縮挙動に関する研究」）として完成させ、参考文献として、それぞれが学位論文の一部を構成する英文の原著論文3編（3編いずれも審査付き論文で且つ同氏が筆頭著者のもので、内2報は印刷公表済、他の1報は受理され印刷中）を付して、博士（工学）の学位を申請した。</p> <p>長崎大学大学院工学研究科教授会は、2020年12月16日の定例教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を2021年1月21日に実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を、2021年2月17日の工学研究科教授会に報告した。</p> <p>本論文は、アミノ酸のポリマー（poly-L-Lys）にアミド結合でビオロゲンをペンダントし、更にグルタルアルデヒドで架橋したヒドロゲル（PLLV-GAゲル）を合成し、その物性をキャラクタリゼーションした上で、可逆的に高度に伸縮するゲルとしての動的挙動を精査するとともに、電極上での酸化還元挙動を解析した研究結果を記述したものである。Chapter 1 (Chap. 1)では、本研究の背景と目的・意義が、刺激応答性、特に酸化還元応答性ヒドロゲルに関する国内外の研究に関する自身による最新のレビューを含めて述べられている。酸化還元による駆動に関する斬新な切り口からのレビューは、正確かつ豊富であると認められる。Chap. 2では、</p>			

本研究に於ける実験方法等が具体的かつ詳細に述べられている。Chap. 3では、PLLV-GAゲルの合成、水中浮遊状態での化学的還元と再酸化、電極上での挙動が述べられている。Chap. 4では、前の章に加えて、深くPLLV-GAゲルの構造と酸化還元挙動を調査した結果が述べられ、Chap. 3で提唱した伸縮機構の仮説を強く補強している。これらChap. 3と4の内容は、*ACS Applied Materials and Interfaces*誌 (Q1, IF = 8.097) に発表された。

ここまでの研究で、再酸化膨張の速度や電極からの電子伝達が遅い問題が浮き彫りになった。それらを解決することに検討を集中し、電極界面での酸化還元が十分な速度で起こらない原因の究明のため、カナダのビクトリア大学に半年間滞在してin situ表面増強ラマン散乱 (SERS) 顕微測定を行うとともに、PLLV-GAゲルに導電性フィラーを導入する効果を実験的に調べた。SERS 測定結果について記述したChap. 5では、電極の近傍で1電子還元したバイオロゲンがダイマー化した後に孤立する状態の生成が電子移動反応量を抑制していることを見出した結果が述べられている。この内容をまとめた論文は、*Chemistry Letters*誌 (Q2, IF=1.461) に受理され、印刷中である。Chap. 6では、PLLV-GAゲルに、金ナノ粒子、カーボンナノチューブ、グラフェンナノプレートレットをフィラーとして導入する効果を明らかにするとともに、ジグリシジルエーテル架橋よりグルタルアルデヒド架橋が優れていること、理想的なバイオロゲンのペンダント率が存在すること、ポリアニオンの導入は伸縮には不利に働くことなどを次々と明らかにした結果が述べられている。この内容は、*Sensors and Actuator B: Chemical*誌 (Q1, IF = 7.100) に発表された。最終章のChap. 7では、本研究の結果全体を総括し、学術及び機能性材料開発の観点から、研究成果の重要性が主張されている。

以上を要するに、本論文は、高度に可逆的な伸縮を起こすヒドロゲルの合成から広いキャラクター化まで、分光電気化学的手法を含めた詳細な解析を行うことに成功したものである。このゲルは、グリーンな発動分子組織体と位置付けることができ、アクチュエータのみならず、分子ロボットの伸縮エンジンやボディーとしての応用までも見通すことができ、実際にその提唱までが論文で書かれている。総じて、動的ヒドロゲルの分野に新しい局面を開いたものであり、独創的な着眼点からの材料創製や現象の発見及び解釈の新規性と洞察の深さが著しく認められ、論証性も十分であり、高い学術的価値を有するものと評価できる。

学位審査委員会は、王 博 氏の研究成果が、高分子化学、ソフトマターの科学、物理電気化学分野、分光電気化学分野、分子組織化学分野において極めて有益であるとともに、発動する巨視的材料として将来のグリーンシステム設計の基礎となる重要な知見をも示しており、工学的にも、電気化学制御界面の設計・分析及びウェット系分子技術の発展に大きく寄与するもので、分子レベル動的電気化学と界面分子組織科学の進歩発展に貢献するところが大きく、博士 (工学) の学位に値するものとして合格と判定した。