

審査結果の要旨

論文題目「高分子複雑系の広帯域誘電分光と相補的手法による 動的水構造解析に関する研究」

学位申請者 齊藤 宏伸

本論文は高分子の網目構造の中に保持された水の分子運動を、広帯域誘電分光法およびパルス磁場勾配NMR法を用いて観測し、時空間スケールの異なる水分子の回転および並進運動を同時に観測することで水と高分子の相互作用と水分子運動の関係を解明したものである。生体をはじめ水を含んだ様々な水複雑系の構造や機能の発現機構は水の状態と密接に関係している。水分子は回転・並進・振動運動によって時間とともに常にゆらいでおり、この分子運動を含めた水分子の集合の構造を動的水構造とよぶ。このような動的水構造によって水を含んだ物質の性質が決定されるため、動的水構造の概念は理工学から医学までの多様な研究分野で行われる基礎研究や応用研究に不可欠である。一般にこれらの水複雑系では、様々な動的水構造がそれぞれの特徴的な時空間スケールで階層的に表れるため、単一の手法だけでは正しい解釈が困難である。そこで本論文では、広い含水率領域で動的水構造解析が可能な高分子—水系としてポリアクリルアミド (PAAm) ゲルを用い、広帯域誘電分光法 (BDS : Broadband Dielectric Spectroscopy) とパルス磁場勾配 (PGF : Pulse Field Gradient) を用いた拡散NMR法を相補的に用いた水構造解析を行い、動的水構造の特徴づけとともに機能の評価につなげることを目的としている。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章では、本研究の背景と目的について詳述し、本論文で扱う物理現象および物質に関する基礎的な事項も交えて説明しており、序論としての的確である。

第2章では、分子の動的挙動の観測手法の原理や実際の測定手順について詳細かつ適切に述べられている。

第3章では、水と有機溶媒の混合系の中の高分子ゲルの体積相転移現象に関して、混合溶媒分子をプローブとするBDSおよびNMRを用いたオリジナルな解析について結果と考察を述べている。3種類の有機溶媒 (アセトン、1,4-ジオキサン、ジメチルスルホキシド) の水溶液中のPAAmのゲル網目に制限された溶媒分子の緩和時間と並進拡散係数を、溶媒とゲル網目のサイズ比をスケーリング変数とするスケーリング則で解析した。さらに、溶媒分子の運動をバルク溶媒の分子運動で規格化したフラクタル解析によって、PAAmゲル中の溶媒分子運動がゲルの網目構造から受ける影響を特徴づけた。このような独創的な解析手法は高く評価され、当該分野の発展に寄与する重要な知見を含んでいる。

第4章では、本研究で得られた知見を整理し、総括されている。本研究による高分子ゲルの水構造解析は、相補的水構造解析が幅広い分子複雑系や生体の解析に極めて有効であり、水分子の凝集・分散状態を通じた普遍的な機能評価に結びついていく可能性を示した。これは、幅広い時空間スケールにおける高

分子ゲルおよび溶媒分子のダイナミクスを解析において、広帯域誘電分光法と相補的手法の有用性を示すと同時に、動的な水構造解析を最先端かつ高いレベルで行っている独創的な研究として評価できる。また、ここで得られたさまざまな知見は、基礎から応用までの幅広い学問・研究分野に波及することが容易に推察され、今後さらに発展的な研究へと繋がっていく可能性がある。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。

したがって、申請者 齊藤 宏伸氏は東海大学博士（理学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	博士（工学）	喜多 理王	理学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（理学）	新屋敷 直木	理学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	岡村 陽介	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（理学）	福崎 稔	東海大学現代教養センター教授	
委員	理学博士	八木原 晋	東海大学非常勤講師	
委員	理学博士	望月 明	東海大学非常勤講師	