

審査結果の要旨

論文題目「温度勾配下における水溶性分子の不可逆的輸送現象に関する研究」

学位申請者 前田 晃作

本論文は、外場として温度勾配を与えた水溶液を対象に、分子の不可逆的分子輸送現象に関する研究をまとめたものである。外場が存在する系における分子の輸送現象は、非平衡熱力学の学問体系で整理されるが、水系ではこれまでの経験則と相反する現象が存在することを申請者の前田晃作氏が見出し、その分子論的メカニズムの解明を試みた一連の研究をまとめている。

第一章では、諸言として輸送現象に関する一般的な理論的背景と本研究の背景と目的が述べられている。第二章では、本論文で着目した「温度勾配を駆動力とする分子の輸送現象」と「臨界現象」について詳細にまとめられている。第三章では、本論文で用いた実験装置と原理について詳述されている。第四章から第七章では、大きく分けて4つの系（界面活性剤水溶液、エチレングリコール水溶液、多糖類水溶液、イオン液体水溶液）について、分子の輸送現象に関する実験結果と考察が述べられている。第八章では、結言として全体の総括がなされている。本論文で研究対象とした4種類の物質は水に可溶だが、分子構造に由来する特徴的な会合構造を示すものや、電荷を有する系、さらには臨界点を持つ系など、輸送現象に影響を与えると予想される種々の因子を持つ系を研究対象に選んでいる。このような系の選び方にも本論文の研究の特色を見出すことができ、多角的な観点から輸送現象を調べた独創的な論文である。すなわち、輸送現象に影響を与える様々な分子間相互作用や熱力学的パラメータを系統的に変化させ解釈することにより、分子複雑系物理学および非平衡熱力学の発展に寄与する重要な結果が数多く得られている。

界面活性剤系では、溶質-溶媒間の親水性相互作用（水素結合）および疎水性相互作用のそれぞれが系のふるまいを支配する主要な因子であることを明らかにしており、これは学術的な意義が高い成果と判断される。エチレングリコールを用いた研究では、平均温度、溶質の分子量、水素結合サイト数といった多変数ではあるが単純な関数で輸送現象を整理できることを見出し、これより水素結合サイトをドナーとアクセプターに分離して考慮するという新たな解釈を提唱するに至っており、独創性が高い成果と判断される。糖類の水溶液では、輸送係数の温度微分によって得られる物質固有のパラメータを用いる事で、温度依存性と分子量依存性を同時に評価する手法を確立し、また、イオン液体水溶液では、臨界指数を決定できる精度での相図（共存曲線）を測定することで臨界点近傍において輸送係数にあたる臨界濃度ゆらぎの影響を調べ、理論との詳細な比較と考察がなされている。これらの成果が輸送現象の理解の深化に果たした役割は大きく、当該分野の最先端を切り開く独創的な研究成果であると判断される。

上述のように、分子の不可逆的な輸送現象について数多くの新たな知見をまとめた本論文は、当該学術分野に新たな研究領域を提供するものであり、東海大学博士（理学）の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 前田晃作氏は東海大学博士（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（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 理学博士	八木原 晋	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）	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 Ph. D.	ベンツ ヴォルフガング	理学部教授（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員 理学博士	田中 文彦	京都大学名誉教授