

審査の結果の要旨

氏名 岸本健史

液晶性化合物が形成する低次元の秩序構造の活用は、分子の組織化による機能発現に有用である。本論文においては、液晶分子の形成するナノ相分離構造の配向構造制御、及びそれらの配向構造を固定化して得られる異方的イオン伝導性高分子材料について述べられており、6章から構成されている。

第1章は序論であり、液晶の構造と液晶性発現のための要因について述べ、それらを利用して作製した機能材料について記述している。また、イオン伝導性高分子材料における近年の発展とイオン伝導機能向上のためのアプローチを系統的に紹介している。さらに、本論文の内容との関係が深い、これまで報告のある液晶性を持つイオン伝導体について詳細を述べ、それらの材料では達成されていない、巨視的な配向構造を持った高分子イオン伝導体の開発への意義を述べている。

第2章では、巨視的な配向構造を持ったイオン伝導性高分子液晶の合成と、そのイオン伝導性について述べている。ここではまず、ナノ相分離構造を有する低分子量の液晶性モノマー/リチウム塩複合体の基板上での均一配向制御について述べている。このようにして得られた配向試料に光重合反応を行うことにより、目的の配向した高分子液晶複合体が得られたことを示している。これは異方的なイオン伝導性を示す初の有機固体材料である。ここでは、イオン絶縁部位とイオン伝導部位が形成するナノ相分離の形成・構造の固定化が、材料の開発の鍵となることを示している。

第3章では、第2章で合成された、巨視的な配向構造を持ったイオン伝導性高分子と類似構造を有する低分子量の液晶性化合物を設計・合成し、そのナノ構造とイオン伝導性について調べた結果について述べている。このような低分子量の液晶性化合物と比べると、第2章で得られた液晶性高分子の内部には非常に効率のよいイオン伝導パスが形成されていることを示している。これは、高分子化によりナノレベルで相分離したイオン伝導パスが構造的に安定化したためであると結論付けている。また、この液晶性高分子は、構造自立性を持っているために汎用性の高い材料であることも述べている。

第4章では、配向構造を持った高分子材料について、大幅にイオン伝導性を高速化するアプローチ、及びそれに基づく実験結果について述べている。第2,3章で述べられた低分子液晶の形成する配向ナノ相分離構造の固定化というアプローチに加え、液体電解質のような流動性の高い状態のイオン伝導部位をナノ相分離構造に効率よく導入・組織化することで、単独の高分子材料としては初めて、室温付近で $10^{-3} \text{ S cm}^{-1}$ オーダーのイオン伝導性を示す材料の開発に成功している。この高イオン伝導性は、イオン伝導部位を側鎖型液晶の側鎖末端に導入することにより達成される。同一の分子コンポーネントを有する、側鎖のスペーサー部位にイオン伝導部位を導入した材料や、無定形の側鎖型イオン伝導性高分子との構造の違いとイオン伝導性についての比較を行い、本章におけるアプローチの有用性を証明している。

第5章では、低分子量の異方的イオン伝導性液晶を溶媒として用いたゲル材料について、その作製法、相分離構造、イオン伝導性を調べた結果について述べている。ここでは、低分子異方的イオン伝導性液晶、及びそれらと類似構造を持つ多官能モノマーからなる液晶性複合体に対して、配向制御した後に光重合反応を行うことで、巨視的な配向構造を持った化学ゲルの作製に成功している。この材料においては、低分子液晶のナノ相分離構造と、それらとミクロ相分離するポリマーネットワークによる階層的な相分離構造の形成が異方的イオン機能の鍵となる。この場合、異方的イオン伝導性を示す低分子液晶が、ネットワーク中で何度でもその配向構造を回復することができる。このため、自立性・異方的イオン伝導性・可逆的な構造形成能を併せ持った、これまでにない高機能・高性能の固体イオン伝導性材料が得られたとしている。

第6章は、本論文のまとめと、得られた材料についての展望を述べている。ナノ相分離構造を有する液晶性材料の配向構造制御と構造の固定化というアプローチは、本論文で述べられたように高異方性・自立性・高イオン伝導性材料の開発のみならず、様々な機能性分子部位の高機能化に応用が可能であると考えられ、本論文で得られた知見は新規液晶性機能材料の発展に寄与するところが大きいと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。