

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	①／乙第 号	氏 名	小島 知也
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 伴野 太祐
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 朝倉 浩一
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 荒井 規允
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 緒明 佑哉
(論文審査の要旨) 学士(工学), 修士(工学) 小島知也君提出の学位請求論文は「Development of bioinspired molecular systems inducing emergent dynamics of soft matter (ソフトマターの創発的なダイナミクスを誘導するバイオインスパイアード分子システムの開発)」と題し, 7章から構成されている. 第1章は序論であり, 生体システムの分子システムとしての側面を俯瞰し, ソフトマターを用いた化学システムを概括したうえで, 本研究の目的が述べられている. 第2章では, 多細胞生物の階層性に着想を得て, 人工細胞として注目されているベシクルを多数寄り集めた組織様集合体の創製を目指している. 水素結合とイオン結合の組み合わせに基づく塩橋に着目し, それを介して複数のベシクル同士を接着させて, ミリメートルおよびセンチメートルサイズのベシクル型人工組織の創製を達成している. 塩橋の強度はイオン化の度を調整することで制御可能であり, これによりベシクル間接着の pH 変化にともなう可逆性, 人工組織の自己修復特性を示すことを明らかにしている. さらに, ベシクルに磁性微粒子や光応答性分子を組み込むことで, 磁石を用いたベシクル型人工組織のマニピュレーションや変形, 外部ストレスに対する生存性の向上という, 高次な協同的機能を有することを示している. 第3章では, 第2章で創製したベシクル型人工組織の形状制御を行うべく, 塩橋の性質に着目し, 密に詰まったベシクルを細孔から押し出すという簡便な手法によりファイバー状のベシクル型人工組織を創製している. 得られたファイバー状組織を組み合わせることで自在に形状を制御できること, ベシクル内に磁性粒子を組み込むことで磁石を用いたマニピュレーションが可能であることを示している. また, ベシクル内に多段階の酵素反応系を組み込むことで, ファイバー状組織内を化学シグナルが伝播する現象の誘導に成功している. 第4章では, ベシクルを構成する高分子に酸化還元応答性の官能基を導入することで, ベシクル膜の透過性を制御可能な機能性ベシクルの創製を行っている. 還元剤存在下で高分子鎖間での酸化反応が同時に進行して膜構造が強固になるという機構を明らかにし, そのベシクル膜の構造変化にともなって還元剤濃度により内包物の放出挙動を制御することに成功している. 第5章では, 光照射にともなって, 膜構造を有するベシクルとそれを有しないコアセルベート間を可逆的に相転移可能な化学システムの開発を行っている. 光応答性両親媒性分子の分子形状の変化により両分子集合体間の転移が誘起される機構を提案し, この相転移にともなって選択的な物質の取り込みが達成されることを見出している. 第6章では, 界面活性剤水溶液中をマランゴニ対流により自己駆動するマイクロメートルサイズの液滴をプラットフォームに, 光応答性分子を用いて液滴の集団挙動の誘起に成功している. 光照射下での光応答性分子の異性化にともなって, 液滴周囲に特異的な流れ場が生じ, その相互作用に基づいてマクロスケールな液滴の集団挙動が現れることを見出している. 第7章では, 各章で得られた知見をまとめ, 本研究の成果を総括している. 以上要するに, 本研究は生体機能を分子化学的に模倣し, 分子レベルのミクロスケールから分子集合体のマクロな機能を創発する分子システムの設計および創製を達成したものであり, 超分子化学およびコロイド界面化学, 機能性ソフトマテリアルの分野において工業上, 工学上寄与するところが少なくない. よって, 本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める.			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および開放環境科学特別研究第2(環境エネルギー科学専修)科目担当者で試問を行い, 当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した. また, 語学(英語)についても十分な学力を有することを確認した.		