

## 博士学位論文審査結果要旨

西暦 2024 年 2月 20 日

研究科、専攻名 工学研究科 サステイナブル工学専攻

学位申請者氏名 天沼 竜馬

論文題目 相転移を用いた刺激応答材料の機能増幅

### 審査結果の要旨

近年の急速な科学技術の進歩は人々の生活の質の向上をもたらした一方で、資源枯渇や環境破壊など多くの問題を引き起こした。そこで持続的発展可能な社会の実現のために省エネルギー化や環境に配慮した新しいデバイス、材料の開発が求められている。従来の電気モーター等のデバイスを用いて駆動するシステムではデバイスの小型化および駆動エネルギーの省電力化等に限界がある。一方、刺激応答性高分子は温度、光など極微環境の変化を入力として材料の変形や発光など様々な応答が可能であり、身の回りの装置やマイクロマシーンなど様々なデバイスの動力として応用可能であり、その基礎的研究開発は重要な課題である。

本研究では、例えば人の体温や太陽光などの環境中で利用可能なエネルギーを駆動力として応答可能な材料の開発を目的としている。しかし、これらの極微エネルギーで材料の巨視的な物性変化を誘起するためにはなんらかの機能増幅が必要となる。そこで高分子材料の相転移を利用した機能増幅を介した刺激応答材料の開発を行った。

まず、シアノビフェニル誘導体を側鎖に有する液晶ラストマーを合成したところ、加熱成型後、再加熱すると形状記憶特性を示した。次に桂皮酸骨格を含む直鎖型液晶ポリエステルを合成し、これを加熱延伸一軸配向させた後、光架橋させた。このフィルムは40°Cに再加熱すると液晶の相転移に伴い自発変形を起こした。一方、メソゲン部にアゾベンゼン基を導入したポリマーは光照射と熱刺激によりそれぞれ異なる方向に可逆的変形することを見出した。

次に温度刺激に応じて体積相転移を起こすことが知られている(N-イソプロピルアクリルアミド)ゲルに凝集誘起発光分子を導入したヒドロゲルを合成した。得られたゲルは環境の変化により体積相転移を起こし、それに伴い発光波長および発光強度の変調を誘起した。

さらに、架橋シリコーンを用いた熱応答材料の開発を行った。末端修飾シリコーンを架橋した樹脂は極めて脆く材料として用いることはできなかったが、これにシリカ系フィラーを添加することによってゴム状の強固な材料となった。フィラーとして天然由来物質であるリグニンをフィラーとして添加し高弾性シリコーンが得られた。このときリグニンは構造中にフェノール性水酸基を有するため重合阻害がおこるため、水酸基の保護を検討したところトリメチルシリル化したリグニンはシリコーンとの相溶性が向上するため最大応力が増大することを見出した。

以上の研究では、光や熱により材料の巨視的形状の変化や色や発光の変化を敏感に誘起するために高分子の相転移を利用した機能増幅を組み込んだ材料の合成とその物性制御に成功し、その分子設計は独創的である。この技術は極微環境変化により大きな機能変化を誘起することができる新しい機能デバイスの開発などに応用することが可能であり、サステイナブル工学の進展に寄与する新規な知見を有するものと認められる。

2024年2月20日東京工科大学において、学位申請者天沼竜馬氏の最終試験(学位審査公開発表会)を行い合格であると認められた。また、2024年1月26日に筆答による学力試験を行い十分な学力を有していると認められた。

以上の結果から学位申請者は博士(工学)の学位を授与するにふさわしい十分な学識と能力を有していると認める。

審査委員 主査

東京工科大学 教授 西尾 和之