

Title	有機高分子繊維の熱膨張及び熱伝導性の制御に関する研究
Author(s)	山中, 淳彦
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46878
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	やま なか あつ ひこ 山 中 淳 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 20363 号
学位授与年月日	平成18年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科原子力工学専攻
学位論文名	有機高分子繊維の熱膨張及び熱伝導性の制御に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 西嶋 茂宏 (副査) 教授 山中 伸介 教授 山本 孝夫 助教授 泉 佳伸

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では有機高分子繊維材料の熱物性、特に熱膨張率及び熱伝導率と1次元構造、即ち分子配向（結晶配向、非晶配向、結晶化度）、分子鎖長、架橋構造等の関係を明らかにし、これを制御する技術を構築することを目的とした。この目的のため、高分子繊維材料に延伸・分子鎖切断・架橋などを施し、これに伴う熱特性の変化を観測・議論した。さらに得られた知見が超電導コイルの安定化等実用用途に有益であることを確認した。

まず繊維材料の分子鎖配向、分子鎖長と熱膨張率の関係をj知るため超高分子量ポリエチレン (UHMW-PE) からなる異なる延伸倍率で得られた高強度繊維 (DF) 及びこれに放射線照射を施し分子鎖切断を起こした DF の熱膨張率を観測した。その結果 DF は繊維方向に負膨張性を示し、その負膨張性は伸びきり鎖結晶と非晶からなる複合体モデルにより説明できた。一方、これを構成する UHMW-PE の分子鎖長による影響は小さいとわかった。

次に高分子繊維の熱伝導率と1次元構造の関係をj知るため、ラミー繊維に水中延伸による非晶分子鎖の配向、放射線照射による分子鎖切断、ホルムアルデヒド架橋を施して熱伝導特性の変化を観測した。その結果、水中延伸により熱伝導率は増大し、放射線照射とホルムアルデヒド架橋により熱伝導率は低下した。これより高分子繊維の熱伝導率は1次元構造即ち配向、分子鎖長、架橋構造に依存し、また逆に1次元性により制御できることが示唆された。

さらに DF の熱伝導性についてその1次元構造との関係をj考察した。その結果 DF は高熱伝導性を示し、それは UHMW-PE からなる長い分子鎖の伸びきり鎖結晶の寄与により説明できた。これはラミーの1次元構造と熱伝導特性の関係について得られた知見とも一致した。以上、高分子繊維の1次元構造と熱膨張・熱伝導特性の関係が明らかになった。

最後に高分子繊維材料の熱特性の実用用途への利用を検討した。まず DF の負膨張性、高熱伝導性を発現する DF 強化複合材料 (DFRP) の設計技術を構築した。即ち DFRP の繊維含有率、他素材との混合及び強化形態と熱膨張率、熱伝導率の関係をj明らかにし、これを制御し負膨張・高熱伝導プラスチックを設計することを可能にした。特に低温用積層体とフィラメントワインディング (FW) パイプの熱特性を考慮した設計技術を確立した。さらに DFRP からなる FW-パイプにて負膨張性コイルボビンを作製し、これに超電導線を巻回した超電導コイルを作製した。本コイルはボビンの冷却時の膨張により超電導線材の固定性が向上し、安定な通電特性を示すことがわかった。他に DFRP の高熱伝導性による高温超電導コイルの熱暴走防止効果、負膨張制御技術による光通信用ファイバブラググレーティング素子の温度補償効果を確認し、繊維材料の熱膨張・熱伝導特性の実用用途への有益性を証明した。

論文審査の結果の要旨

本論文では、有機高分子繊維材料の熱物性、特に熱膨張率及び熱伝導率と1次元構造、即ち分子配向（結晶配向、非晶配向、結晶化度）、分子鎖長、架橋構造等の関係を明らかにし、これを制御する技術を構築することを目的として、高分子繊維材料に延伸、及び放射線照射処理による分子鎖切断・架橋などを施し、これら熱特性の変化を観測・議論している。さらに、得られた知見が超電導コイルの安定化等、実用用途に有益であることを確認している。論文は、以下の内容から構成されている。

まず、高強度ポリエチレン（PE）繊維が繊維方向に負膨張性を示す事を見出し、また、その現象を、伸びきり鎖結晶と非晶からなる複合体モデルにより説明している。一方、これを構成するPEの分子鎖長による影響は小さいことを、酸化雰囲気下での放射線照射に伴う主鎖切断を施した試料に基づく実験で示している。次に、ラミー繊維を用いて、高分子繊維の熱伝導率は1次元構造、即ち配向、分子鎖長、架橋構造に依存し、また逆に1次元性により制御できることを見出している。特に、ラミーは放射線化学的には典型的な主鎖切断型高分子であり、放射線処理によって分子鎖長を制御し、熱物性を制御可能であることを示している。さらに、この知見をPE繊維（DF）に適用している。DFは高熱伝導性を示すが、それは長い分子鎖からなる伸びきり鎖結晶の寄与により説明することに成功している。以上より、高分子繊維の1次元構造と熱膨張・熱伝導特性の関係を明らかにし、熱膨張・熱伝導特性を高分子の1次元構造により制御する技術を構築するための知見を得ている。

さらには、高分子繊維材料の熱特性の実用用途への利用を検討している。まず、DFの負膨張性、高熱伝導性を発現するDF強化複合材料（DFRP）の設計技術を構築している。さらに、DFRPを用いてコイルボビンによる超電導コイルが安定化を確認している。他に、DFRPの高熱伝導性による高温超電導コイルの熱暴走防止効果、負膨張制御技術による光通信用ファイバブラッググレーティング素子の温度補償効果を確認し、繊維材料の熱膨張・熱伝導特性の実用用途への有益性を証明している。

以上のように、本論文は高分子繊維の構造と熱膨張及び熱伝導特性の関係を体系的に明らかにするという学術的新規性を有する。さらにこれらの知見の実用用途への有用性を証明しており、工学的価値を併せ持つ。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。