

氏 名	MAY THU ZAR MYINT
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第 6 0 5 1 号
学位授与の日付	2 0 1 9 年 9 月 2 5 日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第 4 条第 1 項該当)
学位論文の題目	Enhancement of thermoelectric properties in <i>p</i> -type conducting polymer-based composites (<i>p</i> 型導電性高分子系熱電複合素子の特性向上)
論文審査委員	教授 林 靖彦 准教授 山下善文 准教授 紀和利彦
学位論文内容の概要	
Chapter 1 includes preface and brief description of the purposes and organization of thesis. Chapter 2 reviews on the research background of thermoelectricity, conducting (conjugated) polymers: poly (3,4-ethylene dioxythiophene): poly (4-styrene sulfonic acid) (PEDOT:PSS) and poly (3-hexylthiophene) (P3HT), and carbon nanotube (CNT) yarn. Chapter 3 briefly describes the enhancement of thermoelectric properties of PEDOT:PSS by N₂ pressure-induced nitric acid (HNO₃) treatment. HNO₃ treatment of PEDOT:PSS films followed by vacuum dry and immersion in deionized (DI) water are also explained comparatively. Chapter 4 presents the influence of pressure of nitrogen (N₂) gas on structure and thermoelectric properties of acids-treated PEDOT:PSS films using various acids as well as various pressures of N₂ gas. Chapter 5 establishes the enhancement of thermoelectric properties of poly (3-hexylthiophene) (P3HT)/carbon nanotube (CNT) yarn composite via resistance annealing and doping with <i>p</i>-type molecular dopant. Chapter 6 incorporates the summary of whole research works.	

論文審査結果の要旨

近年身近にある排熱の有効利用に大きな期待が寄せられるなか、従来無機材料で用いられていた希少元素や毒性元素を含まない、有機導電性高分子 PEDOT:PSS*による熱電変換素子の研究が国内外で活発に行われている。熱電変換効率は、ゼーベック係数 S 、導電率 σ 、熱伝導率 κ 、温度 T によって定義され、 $S^2\sigma$ は熱電出力因子とよばれ、大きな電力を実現するためにこの値を大きくする技術が求められている。本論文は、PEDOT:PSS 系および P3HT/CNT 紡績糸複合構造熱電変換材料の、高い熱電出力因子を実現する技術について研究を行ったものである。

①絶縁性を示す余分な PSS を硝酸処理により除去することで導電性向上を実現し、余分な PSS の除去により PEDOT:PSS の立体配座がベンゾイド（コイル状）からキノイド（線形）へ誘起されることを明らかにした。

②この酸処理後に、最適な圧力の窒素ガスブローにより熱電出力因子が大幅に向上する現象を発見し、窒素ガス圧力により PEDOT のさらなるキノイド立体配座を誘起することを明らかにした。硝酸以外の硫酸や塩酸処理においても同様な効果が確認され、硝酸など酸処理と窒素ガス（不活性ガス）圧力の相乗効果が熱電出力因子向上に有効であることを初めて示した。

③新規な熱電変換材料として、通電高温加熱（ジュール熱）処理を施した超軽量 p 型カーボンナノチューブ（CNT）紡績糸（繊維径 $20\mu\text{m}$ 程度）に着目し、高分子有機半導体 P3HT**や F4TCNQ***による p 型導電性制御（ドーピング）することで、多層 CNT で世界最高レベルの高いゼーベック係数を達成し、導電性も極めて高いことからきわめて高い熱電出力因子（ $2250\mu\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ ）を実現した。通電加熱処理することで CNT 紡績糸の結晶品質が向上し、これにより、長期安定な p 型ドーピングを実現した。CNT 紡績糸の通電加熱処理と p 型ドーピングの相乗効果が、熱電出力因子向上に有効であることを初めて示した。

以上、PEDOT 系導電性高分子の立体構造制御による導電性向上の観点から、熱電変換素子の特性を向上させる指針を示し、さらに、ドーピングにより p 型導電性制御した CNT 紡績糸を熱電変換材料として実現し、高い熱電出力因子を達成している。本論文の成果は査読付き学術論文誌に筆頭著者として 2 編発表しており、国際会議論文発表の実績も考慮して、審査員全員が学位論文として十分に価値あると認め、博士（工学）の学位を授与できると判断した。

*PEDOT:PSS ; Poly(3,4-ethylenedioxythiophene):Poly(styrenesulfonate), **P3HT ; Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl),

***F4TCNQ ; 2, 3, 5, 6-tetrafluoro-7, 7, 8, 8-tetracyanoquinodimethane (F4TCNQ)