

様式 C-7-1

平成30年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

所属研究機関名称		奈良先端科学技術大学院大学	機関番号	14603
研究代表者	部局	先端科学技術研究科		
	職	教授		
	氏名	中村 雅一		

1. 研究種目名 基盤研究(B)(一般) 2. 課題番号 16H04333

3. 研究課題名 CNT / タンパク質接合による熱・キャリア輸送独立制御と断熱性熱電変換素子の創出

4. 研究期間 平成28年度～令和元年度 5. 領域番号・区分 -

6. 研究実績の概要

本研究は、代表者らが基本コンセプトを実証した、「半導体粒子内包かご状タンパク質分子(Dps)を接合部に有する超低熱伝導率カーボンナノチューブ(CNT)複合熱電材料」および「p/nドーピングされたCNT複合材料紡績糸による布状熱電変換素子作製法」を発展・統合させ、低温・低容量な熱源から非接触状態でも十分な内外温度差を得て発電する断熱性フレキシブル熱電変換素子を実現することを最終的な目的とする。H30年度は、C-Dps/CNT複合材料を紡糸する上で重要なファクターとなることが判明したCNT原料の1次分散法の再検討、および、Dpsの透過関数評価を主に行った。

複雑に絡み合ったCNT原料を最終的に均一な紡績糸にするためには、サイズの大きい凝集状態を極力なくす必要があり、そのためには原料の1次分散が重要である。これに影響する因子としては、イオン液体による分散手順、添加する分散剤、2次分散に向けたイオン液体の除去法、Dps吸着条件、過剰Dpsの除去法などがあ。これらについて最適化を行い、長尺のC-Dps/CNT複合材料紡績糸が比較的安定に得られるようになった。

Dpsの透過関数評価は、AuナノギャップにAuバインディングペプチドアプタマーを付与したDpsを吸着させることにより行った。溶液中のDps濃度、pH、ブロッキング剤濃度などを最適化し、Auナノギャップ基板を一定時間浸漬することで高頻度に単一分子接合素子が形成できるようになった。それを用いて、室温および低温で分子接合のI-V特性を評価したが、低温ではタンパク質シェルが変性し、安定した特性が得られなかった。一方、室温でのI-V特性からは、キャリア輸送準位的一方（おそらく伝導帯）は量子トンネル効果によって、もう一方はホッピング伝導によってキャリアが分子接合を透過していると考えられる結果を得た。

7. キーワード

熱電変換 ハイブリッド材料 カーボンナノチューブ タンパク質 熱・キャリア輸送制御

8. 現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。

理由
長尺のC-Dps/CNT複合材料紡績糸が比較的安定に得られるようになったことにより、紡績糸状態での熱電特性や熱伝導率が評価できるようになってきた。最終年度に向けて、モジュール作製と素子特性評価まで到達できるめどがたつたと言える。

2 版

9. 今後の研究の推進方策

紡績糸の状態での熱電特性を最適化するために、C-Dps吸着密度のさらなる最適化、C-Dpsコアの透過関数の評価と最適化、より高い性能を有するバインダーポリマーの選択、パワーファクターを最大化するドーピング条件などを調べ、高性能化に向けた研究を行う。また、特性安定化のためのパッシベーションコーティングの方法を検討し、真空状態での熱電特性等の不安定化の抑止と性能の長期安定性を得ることを目指す。

単一分子素子での透過関数評価から、キャリア極性の一方はトンネル効果でなくホッピング伝導が支配的であることが疑われている。また、Auを基準に電子とホール注入障壁が同程度であると推測されている。様々なコア材料について評価を行い、接合部に十分大きいp型あるいはn型のゼーベック効果を持たせる方法を探索する。

最終年度であることから、後半ではモジュール特性の評価にも力を入れ、高性能な布状熱電変換素子の実使用環境でのデモンストレーションなども行う。

10. 研究発表（平成30年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著論文 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 中村雅一, 小島広孝	4. 巻 46
2. 論文標題 「やわらかい」熱電材料 - 有機分子による熱およびキャリア輸送制御 -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 熱測定	6. 最初と最後の頁 69-75
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 土江宏典, 岡本尚文, 関本祐紀, 阿部竜, 鄭敏喆, 小島広孝, 辨天宏明, 中村雅一
2. 発表標題 発泡エラストマーを用いたフレキシブル熱電変換素子の開発
3. 学会等名 応用物理学会関西支部平成30年度第3回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nakamura
2. 発表標題 Control of Heat and Charge Transport in Carbon-Nanotube-Based Thermoelectric Materials Using Bionanoparticles
3. 学会等名 31st International Microprocesses and Nanotechnology Conference（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村雅一
2. 発表標題 私たちの生活に溶け込む環境発電
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関本 祐紀, 鄭 敏喆, 小島 広孝, 辨天 宏明, 中村 雅一
2. 発表標題 カーボンナノチューブ/ポリマー複合紡績糸の熱伝導率に対する組成および構造の影響
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Nakamura, M. Ito, T. Koizumi, H. Kojima, T. Saito
2. 発表標題 From Materials to Device Design of a Thermoelectric Fabric for Wearable Energy Harvesters
3. 学会等名 2018 MRS Spring Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

1 1. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件(うち出願0件/うち取得0件)

1 2. 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

2 版

1 3 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
フランス	Ecole Polytechnique	-	-	-
シンガポール	National University of Singapore	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-				

1 4 . 備考

有機固体素子科学研究室 研究の具体例
<http://mswebs.naist.jp/LABs/greendevic/research/example.html>