

「ナノスケール・サーマルマネージメント基盤技術の創出」  
平成 29 年度採択研究代表者

H29 年度  
実績報告書

柳 和宏

首都大学東京  
大学院理工学研究科  
教授

フレキシブルマテリアルのナノ界面熱動態の解明と制御

## § 1. 研究実施体制

### (1) 柳グループ

① 研究代表者：柳 和宏（首都大学東京大学院理工学研究科 教授）

② 研究項目

『課題1:フレキシブルナノ界面の熱起電力・電気伝導の制御と学理構築』

① ナノチューブ系の熱起電力・電気伝導の制御と物理的機構の解明

研究項目1-1-1: 試料作成技術開発

研究項目1-1-2: 熱起電力( $S$ )・電気伝導( $\sigma$ )のキャリア注入依存性および温度依存性

研究項目1-1-3: 高純度単一カイラリティ SWCNT の熱動態の研究

『課題2: キャリア量を制御したフレキシブルナノ界面の熱伝導率の測定技術開発と理解の深耕』

② フェルミレベルを制御した薄膜系の熱伝導評価測定技術の開発

研究項目2-1-1: キャリア量を制御された薄膜熱伝導評価に向けた実験系の構築に向けた予備調査

研究項目2-1-2: 薄膜熱伝導率評価に向けた予備調査

(2) 竹延グループ

① 主たる共同研究者: 竹延 大志 (名古屋大学大学院工学研究科 教授)

② 研究項目

『課題1:フレキシブルナノ界面の熱起電力・電気伝導の制御と学理構築』

①有機導電性高分子・原子層系の熱起電力・電気伝導率の制御と物理的機構の解明

研究項目1-2-1: 試料作成技術開発

研究項目1-2-2: 熱起電力( $S$ )・電気伝導( $\sigma$ )のキャリア注入依存性および温度依存性

(3) 岡田グループ

① 主たる共同研究者: 岡田 晋 (筑波大学数理物質系 教授)

② 研究項目

『課題1:フレキシブルナノ界面の熱起電力・電気伝導の制御と学理構築』

①計算科学によるフレキシブルナノ界面の熱起電力・電気伝導の物理的機構の解明

研究項目1-3-1: 計算科学によるナノ界面におけるキャリア蓄積現象・電気伝導・熱起電力  
の相関の解析

『課題2:キャリア量を制御したフレキシブルナノ界面の熱伝導率の測定技術開発と理解の深耕』

①計算科学によるフレキシブルナノ界面の熱伝導率の理解の深耕

研究項目2-2-1: ナノ界面におけるマルチスケール熱伝導特性シミュレーションに向けた  
予備調査

(4) 平原グループ

① 主たる共同研究者: 平原 佳織 (大阪大学大学院工学研究科 准教授)

② 研究項目

『課題1:フレキシブルナノ界面の熱起電力・電気伝導の制御と学理構築』

①単一ナノ界面の熱起電力・電気伝導の観測

研究項目1-4-1: 単一ナノ界面における熱起電力・電気伝導測定に向けた計測環境整備

## § 2. 研究実施の概要

**【全体目標】**本研究の目標は、ナノスケールのホッピング界面における電気伝導・熱起電力・熱伝導の統一的理解と、実用可能なフレキシブル熱電変換素子の実現である。フレキシブル熱電変換素子は極めて活発に研究されているが、ホッピング界面の電気伝導・熱起電力・熱伝導の相関(熱動態)に関する基礎的理解は驚くほど遅れている。そこで、本研究ではホッピング界面における熱動態を第一に解明し、 $ZT$  値最大化の指針を示す。電気伝導・熱起電力・熱伝導の3者のフェルミレベル依存性を解明し、ナノ界面熱動態の制御の実験的・理論的指針を明確にする。最終的には、実用可能なフレキシブル熱電変換素子の実現へとアプローチする。具体的には、単層カーボンナノチューブ・有機導電性高分子・原子層薄膜において、①一次構造(单体での構造)および二次構造(配列構造・積層構造)高度制御薄膜、②電気化学的手法を用いた系統的なフェルミレベル制御を組み合わせ、電気伝導・熱起電力・熱伝導の相関(熱動態)を解き明かす。加えて、③単一ナノ界面および薄膜系の比較、④理論計算に基づく理解、をチームとして推進し、ホッピングナノ界面における熱動態を統一的に理解する。最終的に、高性能化への指針を示し、実用可能なフレキシブル熱電変換素子を創出する。本研究での知の蓄積と体系化により、有機低次元系材料の知見や理解の深耕、ソフトマターとその接続系の熱問題にかかる幅広い研究への発展に貢献することが目標である(図1)。

### 【平成29年度の研究実施概要】

**【課題1】**フレキシブルナノ界面の熱起電力・電気伝導の制御と学理構築

**【課題2】**キャリア量を制御したフレキシブルナノ界面の熱伝導率の測定技術開発と理解の深耕

の二つの研究課題達成に向けた取り組みを行った。ナノチューブ・有機導電性高分子系において配列薄膜作成の技術開発を行い、その熱起電力・電気伝導測定を行うことに成功している。ナノチューブでは、配列膜の作成に成功し、キャリア注入による物性評価、熱起電力・電気伝導測定の予備実験結果を得た(図2)。有機導電性高分子においては、熱起電力・電気伝導測定が可能な配向試料の作成技術の確立を目的に研究を行い、導電性ポリマーの配向膜作製に成功している。これら配向膜における電気伝導率・熱起電力のキャリア注入依存性を明らかにした。

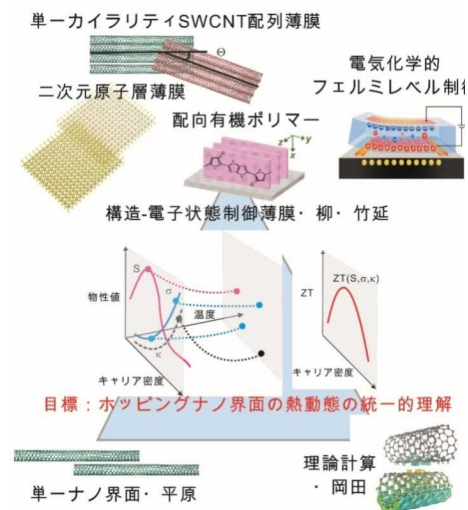


図1: 目標・ねらい

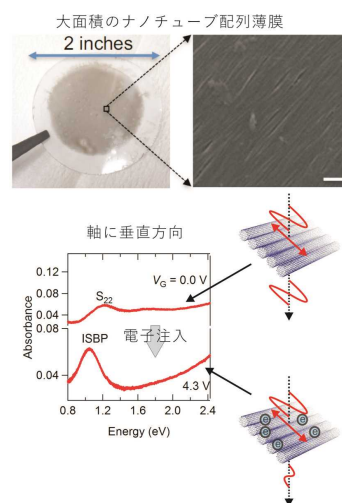


図 2: 大面積配列制御ナノチューブへ高密度キャリア注入に成功