

## 研究課題別事後評価結果（1年延長課題）

1. 研究課題名： 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

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

研究代表者

柳 和宏（東京都立大学大学院理学研究科 教授）

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）

平原 佳織（大阪大学大学院工学研究科 准教授）

山本 貴博（東京理科大学理学部第一部 教授）

3. 事後評価結果

○評点：

A+ 非常に優れている

○総合評価コメント：

高性能・多機能なフレキシブル熱電変換素子の学理の追究を目指して、カーボンナノチューブ（CNT）系を中心に、様々なフレキシブルな材料の電気伝導、熱物性の統一的な理解を目指した。また、透過電子顕微鏡（TEM）内でのミクロな熱動態測定にも取り組み、多くのインパクトのある成果を得た。CNT系を中心に金属か半導体かの違いや次元性が重要な役割を果たすことを示し、コヒーレンス長にスケールング則を取り入れ、局在・非局在の変化を取り入れた新しい熱電応答基礎理論を構築した。まだ、すべての材料を統一的に理解するには至っていないが、その実現に向けて大きな一歩を築いた。さらに、CNT系の配向制御による熱電出力の増強にも成功し、極めて配向性が良く、金属に近い極めて大きい電気伝導を示す二層CNTからなるCNTファイバーにおいて $14\text{mWm}^{-1}\text{K}^{-2}$ という極めて大きな熱電出力因子を見出した。ミクロスコピックには、TEM内でAuやSnのナノ粒子の融解、蒸発をモニターすることで、ナノスケールでの熱動態を明らかにすることに成功した。非常に多くの優れた論文が、レベルの高いジャーナルに出版されており、招待講演も活発に行われた。ライス大学との連携も上手く行っており、国際会議の開催なども積極的に行われた。

（2024年2月追記）

新たな配列CNT系の創出とその熱電特性の検証を行い、高純度に精製した半導体型単層CNTの薄膜を用いて、その軸に垂直方向の熱伝導率およびゼーベック係数、電気伝導率のキャリア注入依存性を解き明かし、ZT値は室温において0.1を超えうることを示したことや、ユタ大学Gao、ライス大学Konoらとともに、配列CNTを、系統的に方向を変化させた形で積層させることにより、巨大の円偏光二色性を見出すことに成功したことは高く評価できる。

単一界面で生じる界面ゼーベックの起源について、計算科学のアプローチでその背景を明らかにすることを達成した。界面ゼーベックは、化学ポテンシャルの位置に大きく依存し、界面熱抵抗を系統的に変化させた振る舞いを再現することが可能であることを示した。

さらに、Au-TDTR計測系の構築により、フレキシブル界面へのイオンのインターカレーションや、またキャリア注入による電気伝導率の向上による熱伝導が変調する様子を捉えることが可能となり、導電性高分子での電気化学ドーピングによる熱伝導の変調を検出することに成功したことも評価される。