

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： ナノ物質科学を基盤とするサーモエレクトロニクス創成

2. 研究代表者名及び主たる共同研究者名

研究代表者

宮内 雄平（京都大学エネルギー理工学研究所 教授）

主たる共同研究者

小鍋 哲（法政大学生命科学部 教授）

田中 丈士（産業技術総合研究所ナノ材料研究部門 研究グループ長）

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：

カーボンナノチューブ（CNT）の熱励起子物性を明らかにして、高効率なエレクトロニック熱光変換デバイスを実現しようとする挑戦的なプロジェクトである。1000Kを超える高温条件での単一架橋 CNT において、狭帯域な非平衡励起子放射が生じることを見出した。さらに、クーロン相互作用による強い量子相関を特徴とする一次元物質からの放射の理論構築を進め、励起子が熱エネルギーで生成可能なことを理論的に明らかにするとともに、実験的に観測される狭帯域熱放射スペクトルが励起子効果を取り入れてはじめて理解できることを示すなど、研究代表者が提唱するサーモエレクトロニクスなる新学術体系に向けて、実験と理論の両面で基礎学理の構築に努めた。さらに、研究の過程で、CNT 集合体の高温での安定性を調べる中で、微量酸素の下で加熱処理することで、カイラル角を保存したまま CNT 同士が融合し、直径が 2 倍の CNT に変換される現象を発見した。これらの成果は、Nano Letters など質の高い、39 件以上の業績論文にまとめられており基礎的な研究成果は期待を超えるレベルになったと評価する。

励起子発光をベースにした狭帯域高温発光を用いて、広帯域太陽光の狭帯域近赤外光へのスペクトル変換を実現し、これを新しい太陽熱光発電技術に応用しようとする観点からこの提案に関する特許が出願されており、海外特許出願も検討されている。一方で、特許は 2 件であり、プロジェクトの応用目標を考えるとやや不足している。非平衡太陽熱光起電力発電および光アイソレータの特許出願は評価できるが、CNT の融合現象の発見、CNT/窒化ホウ素ナノチューブ（BNNT）複合構造での高温安定性の確認などの成果から基本特許が出てよいと思われる。CNT を集積した太陽光選択吸収膜などの研究成果を企業にアピールするセミナーの開催などは評価できる。

本研究で得られた、高純度薄膜作製技術、熱エネルギーの狭帯域近赤外光への変換技術、非平衡太陽熱光起電力発電の新しい概念などの成果は、回収された CO₂ 中の炭素から再構成される CNT を用い、太陽光や太陽熱などのエネルギー変換技術に繋がるもので、カーボンニュートラル実現に向けた実用化への展開を期待する。

本研究期間中に代表者が独立した研究室を立ち上げたことは研究の加速に寄与したと判断され、また若手のモチベーション向上、キャリアパスにも繋がったと評価される。若手から中堅研究者の受賞も多く見られ、多くの研究参加者のキャリア形成にこのプロジェクトが貢献している点も評価に値する。