

日本伝熱学会特定推進研究課題報告書
*Report of Specific Promotion Researches
in Heat Transfer Society of Japan*

特定推進研究企画委員会

花村 克悟 (委員長・東京工業大学)

塩見 淳一郎 (東京大学)

Specific Promotion Research Planning Committee

Katsunori HANAMURA (Chairperson, Tokyo Inst. Tech.)

Junichiro SHIOMI (The University of Tokyo)

1. はじめに

特定推進研究企画委員会は 2012 年に日本伝熱学会に設置され、我が国の抱える科学技術的課題への対応や今後の発展に寄与すると考えられる研究開発課題を選定し、課題ごとに研究グループを設置して検討を進めていただいています。現在までに特定推進研究課題として 8 件の課題が選定されています。このたび「ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望」(主査:塩見淳一郎,東京大学)の課題につきまして最終報告が提出されました。報告書作成に向けて 4 年あまりにわたってご尽力いただきました委員各位に心より敬意を表します。以下にこの課題のエグゼクティブサマリーを記載し、会員の皆様に検討結果の概要をご紹介します。

なお、過去に終了した課題

(<http://www.htsj.or.jp/announcement/1010.html>)

も含め、報告書の詳細につきましては、それぞれの主査までお問い合わせください。

2. 「ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望」

HTSJ-FY2016-04

主査:塩見淳一郎(東京大学)

shiomi@photon.t.u-tokyo.ac.jp

日本伝熱学界特定推進研究「ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展望」(2013 年 9 月 1 日~2015 年 3 月 31 日)では、当該テーマに関して産業におけるニーズを精査し、特定の応用を念頭においたストラテジーのもとに、物性理論解析、ナノ構造合成・観察、熱物性計測の専門家が有機的に連携し、イノベーションのシーズと成りうる新しいコンセプトの考案にもとづいて、メンバー

内での共同研究を進めるとともに、研究会、合宿、伝熱シンポジウムでのオーガナイズドセッション、他学会のとの共同ワークショップ、セミナー形式の集中講義などの活動を行った。

まず、機械、電気、物理、化学の領域メンバーによる議論や共同研究を通じて、ナノスケールの熱伝導の学理の深化と拡大を行った。例えば、フォノン輸送に関して、量子サイズ効果、低次元性、コヒーレンスなどの理解を深め、さらにそれらを実際の構造・材料で発現するべく、フォノンニック結晶やカーボンナノチューブの熱輸送の解析および実験を進めた。加えて、非均一系における熱輸送の学理を発展させて界面やひずみによる熱輸送の制御性に関する議論を深め、高圧ひずみ加工による準安定相の利用などの新しい制御アプローチの研究を進めた。また、フォノンに加えて、電子、スピン、マグノンなどの幅広いキャリアによる熱輸送や、それらの準粒子間の相間、相互作用、変換を多角的に考えることで、熱輸送の学理を拡大させた。特に熱電変換は多準粒子が絡む格好の対象であり、熱輸送を独立制御するコンセプトのもと、様々な研究成果があがった。

応用への展開においては、領域メンバー内外の産業界の研究者との活発な議論を通じて、実際の産業でのニーズに合わせた研究を展開した。例えば、電子デバイス用の TIM 材に関する研究においては、熱的にパーコレートした TIM 材の実装や、フィラー欠乏層の評価など、実際の実装環境やプロセスを念頭においた研究を進めた。また、熱電変換においては、有機・無機ハイブリッド材料をインク印刷して熱電デバイスを作製するなど、実用化に近いところまで到達した。これらの応用研究は本領域終了後も産学で継続していくことにな

っており、また、本領域外の企業との新たな共同研究にも発展している。

他の学術分野との研究交流・協力の開拓という観点においては、物理学会、応用物理学会、化学工学会、熱電学会、表面科学会などと活発に交流した。例えば、応用物理学会と共催した特別シンポジウム「フォノンエンジニアリングの広がり ～ ナノスケール熱制御がもたらす、新しい熱伝導・断熱、蓄熱、変換技術の基礎と応用」、日本表面科学会関東支部との合同セミナー「ナノ表面界面を介したエネルギー・物質輸送の計測とシミュレーション研究の最前線」などを共催した。その結果、ナノスケール伝熱が新しい重要な研究領域として広く認識されるようになり、本領域のメンバーが様々な他の学術分野の学協会から招待講演、特集記事の寄稿、委員会への参加を依頼されるようになっていく。

研究シーズの発信という点においては、本領域のメンバーが、領域開始後に、ナノスケール伝熱に関する研究で、JST さきがけや CREST などのプロジェクトをスタートさせている。また、JST-CRDS が当該研究テーマに関連して発行した「戦略プロポーザル：ナノスケール熱制御による

デバイス革新 — フォノンエンジニアリング —」では本領域のメンバーが貢献した。戦略プロポーザルがきっかけとなり、ナノスケール伝熱に関する研究が 2016 年度の文部科学省の戦略目標となったことを考えると、近年の日本におけるナノスケール伝熱の研究活動の活発化に本領域の活動が一定の役割を果たしたと考えられる。

最後に、学会の活性化や若手研究者の研究動機付け・育成の観点から、長期的視点に立って学術領域としての「マイクロ熱工学」の確立を目指し、ナノスケールの空間における、液体、ソフトマターの挙動、あるいはこのサイズの粒界を含む固体などに適用可能な理論の現状の研究群を体系的に整理し、今後の研究のロードマップを提案するとともに、将来的にマイクロ熱工学の教科書の出版にも繋がるようにテキスト化を行った。さらに、そのテキストをもとに領域メンバーによる集中講義を開催した。学生を含めた多くの若手研究者の参加があり好評であったことから、若手研究者からみたときの分野の魅力を伝えるという意味においても、一定の成果が挙げられたと考える。テキストは、本領域終了後も推敲を続け、将来的には発行を目指している

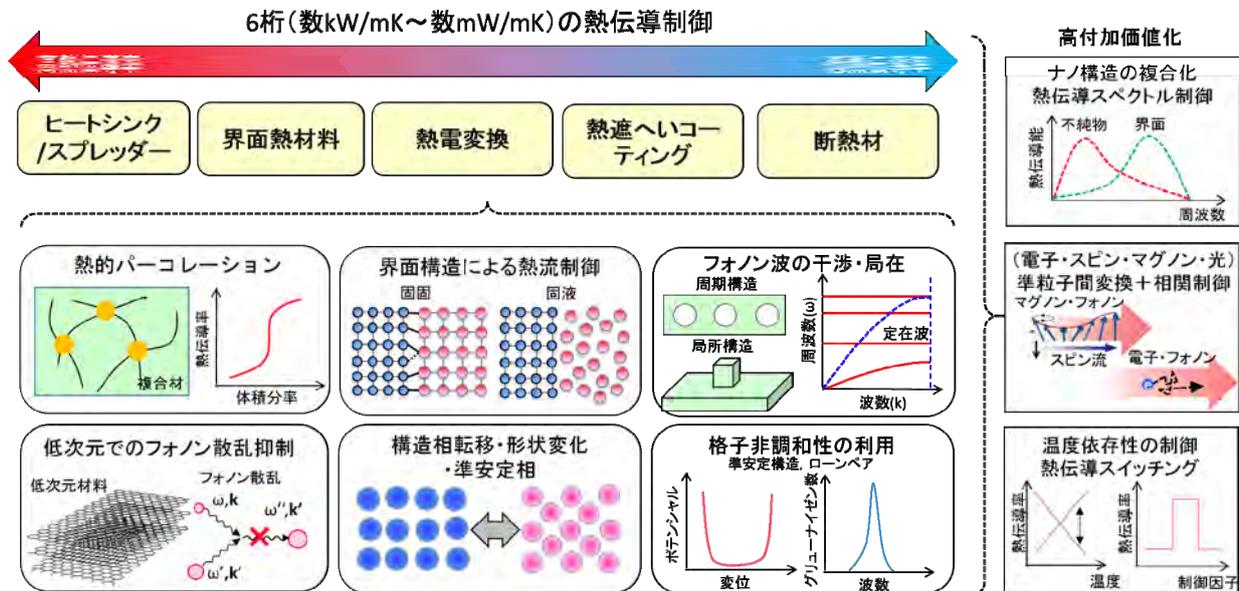


図1 ナノスケール伝熱機能発現とその応用