

# 2020年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

## 調査研究報告書(公開版)

【研究題目】極低温システム用サーマルインターフェイスに関する調査研究

【整理番号】TK20-062

【代表機関】産業技術総合研究所

【調査研究代表者(氏名)】島崎 毅

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】高エネルギー加速器研究機構(KEK)：川崎 真介

【TIA 外連携機関】

【報告書作成者】島崎 毅

【報告書作成年月日】2021年3月31日

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

低温機器の運用において、冷凍機や液体寒剤などの寒冷発生部とセンサーや実験装置など冷却対象物を熱的につなぐ機構、サーマルインターフェイス(TI)に注目しその特性と課題について調査研究を行った。高エネルギー加速器研究機構(以下KEK)と産業技術総合研究所(以下産総研)の連携研究者が関係する低温機器、研究課題において、使用しているまたは必要とするTIの特徴や特性について整理し課題と開発の方向性を議論した。調査研究を進める上での議論と進捗の共有は、対面形式研究会(2回)、web形式の研究会(4回)、さらにメールによるやり取りで行った。対面形式の研究会では、TIの課題に関するプレゼンや研究開発の方向性について議論を行った。また、実験室で装置の該当部位を指し示すことや部品を手にしながら議論も交え、それらの特徴や部品設計時の考慮すべき要点など対面形式ならではの情報量の豊富な議論を行った。Web形式の研究会では、ファイル共有機能などを活用し効率的に進捗や課題を共有した。一連の議論を通し、同じ低温域で運用される機器であっても両機関で用いられる装置で熱伝達に関わる部位の代表的な寸法が、凡そ数百nmから数十mと8桁に渡ることを、また取り扱う熱流も凡そ数nWから数十Wと10桁に渡ることを認識した。機器の設計思想や採用する技術に大きな違いとまた逆に共通点を見出すなど、TIに求める特性や課題抽出、熱伝達制御の理解が深まった。

【調査研究内容(実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果)】

TIは、低温機器に限らず室温近傍以上で動作するパワー半導体や動力機器などでも不可欠である。機能上重要な機構として広い温度域において大小に関わらず多くの機器で利用されている。本調査研究では両機関が得意とする極低温域でのTIに注目した。KEKの連携研究者らは、主に液体寒剤を冷却に用いた素粒子研究用の大型実験機器でのTIに関して調査を行った。一方、産総研の連携研究者らは、機械式冷凍機や液体寒剤を冷却に用いた相対的に小規模な研究機器や超伝導電子デバイスなどのTIについて調査した。ここで、液体寒剤とは、液体窒素(沸点77K)、液体ヘリウム4(沸点4.2K)、液体ヘリウム3(沸点3.2K)などである。また、扱う機器の運用温度範囲は概ね100Kから10mKである。本調査研究で注目したTIは、機械式冷凍機寒冷発生部と冷却対象物の熱的な結合を得る時に用いられる高純度金属製熱リンク、超伝導デバイスや温度計の装着などでも利用される熱伝導グリースなどの熱介在材料、大きな比表面積を有する金属粉末を焼結した多孔質体熱交換器など、高純度物質の高い熱伝導率や物質の移動に伴う熱の移送などを利用した機構であり装置の大小に関わらず低温機器で用いられるTIである。TIの特性の予測に必要な低温域における物性データが十分に得られないこと、装置内で想定した程度の熱接触の確保が難しい場合があるなどが原因で、TIとしての特性を予測することや設計通りの性能を得ることが難しい場合が多い。一方、寒冷発生部として冷媒を循環させる装置(以下、循環式冷却装置)

は、幅広い冷却対象の寸法、冷却温度、熱負荷に対応が可能で汎用性が高いこともわかった。ただし、適切な TI の設計には、より多くの材料データの収集やシミュレーション、モデル実験等が必要であり、更に寒冷発生部の特性を正確に把握する必要があることがわかった。以上から、寒冷発生部として循環式冷却装置に注目し、その特性を把握した上で適切な TI の設計指針を獲得することが次の課題であるとの結論に至った。今年度の成果発信としては、国内学会誌解説にて精密電気計測を例に TI の適切な制御の重要性を指摘した。熱交換器に関する予備実験結果や特性評価を国内外の学会、成果発表会などで発表した。

#### 【今後の活動予定】

TI に関する調査研究を KEK と産総研で協力して行った。互いの経験や知見を交えこれまで気が付いていなかった視点や現象を認識する機会となり TI に関する理解が深まった。装置規模の大小により利用している技術や運用方法に相違があり、それらを他方の装置に活用できる可能性なども見出されつつある。社会情勢を鑑みつつ、リモート形式での交流も更に活用しより多くの研究者、機関を巻き込み議論の枠を広げていく。今後は、循環式冷却装置における TI 開発での課題解決に集中して調査を進める。モデル実験やシミュレーションを実施し、新たな研究資金の獲得を進める。基盤技術としての国内における極低温冷却技術開発の発展、活性化に貢献したい。

以上