

〔短期在外研究〕

研 究 者	京都大学大学院工学研究科 博士後期課程 安倉 祐樹	2256001
研 究 課 題 名	ウェアラブルデバイスの熱設計に向けたフレキシブル熱マネジメント材料の開発	
共同研究者／ 所 属、職 名	Renkun Chen/University of California, San Diego, Professor	
在 留 地 域	アメリカ / サンディエゴ	
渡 航 期 間	2025 年 5 月 29 日～ 2025 年 8 月 25 日（89 日間）	

〔在外研究の目的・意義〕

人体に装着して利用されるウェアラブルデバイスにおいては、人体に対する安全性・快適性が重要であることは言うまでもないが、デバイスの高効率な安定駆動のため、デバイスからの効率的な放熱が求められる。そのため、フレキシブル性を有しながらも高効率な放熱が行える熱マネジメント材料の開発が、今後のウェアラブルデバイス実用化へと直結する重要な研究課題となっている。そこで本在外研究では、フレキシブル性が求められるウェアラブルデバイスにも適用可能でありながら、高い放熱特性を有する熱マネジメント材料の開発を目的とした。

本在外研究は、米国カリフォルニア州の University of California, San Diego に所属する Renkun Chen 教授が率いる Thermal Energy Materials and Physics Laboratory に申請者が約 3 か月間滞在し、実施した。Renkun Chen 教授はナノ・マイクロスケールにおけるエネルギー・物質輸送論の研究者であり、微小スケール特有の輸送現象を活用した新規デバイスの実現に成功してきた豊富な実績を有している。一方で、申請者の所属する京都大学大学院工学研究科マイクロエンジニアリング専攻ナノ・マイクロシステム工学研究室はナノ・マイクロスケール構造体の加工・計測技術や独自のナノ材料プロセス技術、ナノスケール熱物性の精密評価技術といった点で強みを有している。本在外研究では、この両者の強みを結集し、Chen 教授のナノスケール熱輸送の理論やそのウェアラブルデバイスへの応用における深い知識と経験を、我々の研究室が強みとするナノ材料プロセス・熱物性評価技術と組み合わせる。これにより、それぞれ単独の研究では困難であった、ナノ材料のプロセス技術から最終的なデバイス実装までをダイレクトに見据えた研究展開が実現できる。本在外研究は、既存材料では実現が困難である、フレキシブル性と高い放熱特性をあわせもつ熱マネジメント材料の開発という重要な課題に挑戦するものであり、学術的にも産業応用の観点からも大きな意義を有している。

〔得られた成果・効果と今後の発展性〕

本在外研究では、ウェアラブルデバイスに適用可能なフレキシブル性を有しながらも、高い放熱特性を有する新規熱マネジメント材料の候補として、ハイドロゲルに注目し、研究を実施した。ハイドロゲルでは、そのフレキシブル性に加えて、高分子鎖が網目状の 3 次元ネットワーク構造を構成しておりその空隙部分に多量の液体を蓄えることができるという特徴を有する。その液体が蒸発する際に潜熱として周囲の熱を奪うことを利用することで、既存の熱伝導をベースとする放熱機構よりもはるかに優れた放熱性能を有する放熱デバイスの実現が期待される。

本在外研究における研究室滞在では、まずはハイドロゲル作製プロセスの開発から取り組み、さらにゲル薄膜化による熱抵抗低減、ハイドロゲル作製プロセス改良による冷媒輸送特性の最適化を行うとともに、ハイドロゲルにおける冷媒・熱輸送特性評価システムの構築を実施した。これらの成果をもとに、現在はこの新規高効率冷却システムの論文化に向けて共同研究を継続している。さらに、我々の研究室が有するナノ材料プロセス技術の活用を通じた更なる冷却システムの高性能化も共同で検討を進めている。今回の在外研究で得られた成果は、フレキシブル性や既存技術を超える優れた放熱特性を有する新たな冷却システムの開発に向けた基盤となる成果である。これは今後の継続的な共同研究による成果創出へとつながるものである。

加えて、本在外研究を通じて、我々の研究室と Renkun Chen 教授の研究室との新たな共同研究の枠組みを立ち上げることができた点も、本在外研究の成果として極めて重要である。今後もこの共同研究の枠組みは継続して実施していく予定であり、両者単独では創出できない付加価値の高い成果を生み出し続けることを目指している。