

生体内高度熱管理を実現するための 異種バイオマテリアル接合技術の開発

[1] 組織

代表者：伊藤 桂介

(宮城県産業技術総合センター)

対応者：山田 昭博

(東北大学加齢医学研究所)

分担者：

遠藤 崇正 (宮城県産業技術総合センター)

浦 啓祐 (宮城県産業技術総合センター)

曾根 宏 (宮城県産業技術総合センター)

研究費：物件費 10 万円

[2] 研究経過

生体内で駆動させるデバイスにおいて、その熱管理は最も重要な課題の一つである。もし任意の排熱部位に効率よく伝熱させることができれば、体内埋め込み型デバイスの可能性は格段に広がる。そのためには、デバイス駆動により生じた発熱を「①効率的に熱流路へと受け渡し、②伝熱させ、③任意の場所へ排熱する」という3工程を設計・実装することが必須となるが、第1工程、すなわち熱の取り出しと受け渡しは非常に難しい。これは、デバイス自身や電子部品のシールに多用される有機材料（シリコン等）の熱伝導率が $\sim 0.2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ と水よりも低い水準であるため、そこに籠った熱を熱流路へと効率的に逃がすことが出来ず、むしろ体内組織へのヒートスプレッドとして機能し

てしまうためである。

そこで申請者らは、熱伝導率に優れる金属材料を伝熱流路へのヒートスプレッドとして介在させることが出来れば、効率的な熱の取り出し・受け渡しが可能になると考えた。これを実現するための最も重要な課題は、有機材料と金属材料の密な接合である。低い接触熱抵抗を実現するだけでなく、湿潤環境での安定性および生体安全性を満たすためには、接着剤等を用いない強固な直接接合が必須となる。

本研究では、加齢研の山田らが現在開発中の小児用肺循環補助デバイスの排熱機構をターゲットとして見据え、シリコンとチタン合金を対象として、生体材料に適した接合技術の開発を目指すこととした。

以下、研究活動状況の概要を記す。本年度の加齢医学研究所対応教員との打ち合わせは、新型コロナウイルスの状況を考慮して全てオンラインベースとなった。月一回のペースを目途に、進捗報告や情報交換を行うとともに、適宜メールでの打ち合わせを実施した。当初計画していた、双方の実験への現場立ち合いは控えることとした。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

金属と樹脂の直接接合におけるもっとも強力な接合力はアンカー効果である。これは、金属上に存在する微細構造に樹脂を浸透させることが大前提となるため、接合加工（高温・高圧プレス）時の温度・圧力条件設定が非常に重要となる。

本年度は、医用シリコン材の熱分析を実施し、適切な接合加工雰囲気を探った。結果の概要は以下の通りである。

図2に、窒素雰囲気下で行った熱重量・示差熱分析（使用機器：日立ハイテクサイエンス TG/DTA7300）の結果を示す。 $\sim 470^\circ\text{C}$ でTG曲線上にて質量減少が観測されるとともに、DTA曲線上にブロードな発熱反応が現れる。この結果は、この領域においては既に熱分析が始まっていることを示唆している。材料としての特性を損なわない加工のためには、少なくとも 470°C 以下の低温で接合加工条件を探索する必要があることを意味している。

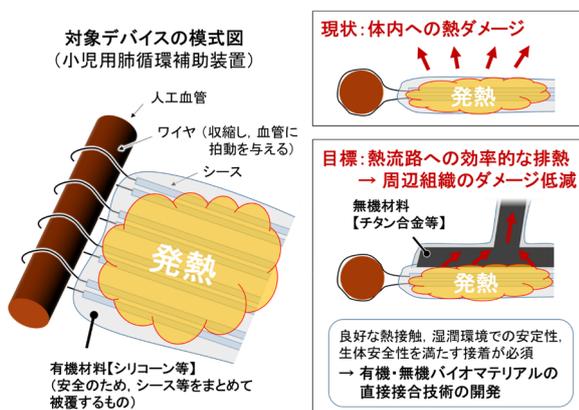


図1. 開発技術の概念図

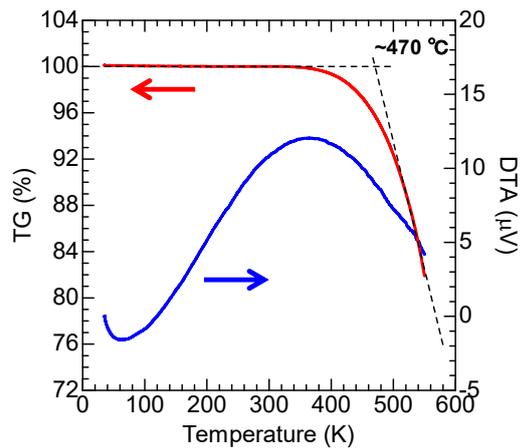


図2. 熱重量・示差熱分析データ

(3-2) 波及効果と発展性など

本共同研究により異種バイオマテリアルの直接接合が実現され、金属材料への効率的な伝熱が可能となれば、生体内における熱管理の自由度（熱バイパス流路の設計および任意の箇所への排熱）が格段に向上することとなる。山田らが開発中の小児用肺循環補助装置に限らず、埋め込み型デバイスすべてにおいて発熱の管理は必須であるため、広範な応用が期待される。また、積極的な熱の利用、たとえば人工心臓などの冷却や発熱（ハイパーサーミアなど）を利用した新しい治療方法の開発に貢献できる可能性がある。

来年度以降、本年度に得た加工条件に関する制限を生かし、接合デバイスの試作へと繋げていく予定である。

[4] 成果資料

該当なし