

課題番号 25

分子性熱伝導材料を用いた体内埋め込み型デバイスの排熱

[1] 組織

代表者：平郡 諭

(大阪工業大学工学部)

対応者：山田 昭博

(東北大学加齢医学研究所)

研究費：物件費 10 万円

[2] 研究経過

近年様々な疾患に対する対策の一つとして体内埋込型デバイスの開発が加速度を増して進められている。その一方で、体内埋込型デバイスのバッテリーや高度集積化制御コア、アクチュエータ部の駆動部などでの発熱に対する解決策は未だ見出されていない。デバイスから発生する熱を克服することが体内埋込型デバイスをより飛躍的に発展させるうえで不可欠な課題である。そこで代表者らは埋込型デバイスの駆動時における熱を効率的に排除することを目的として、分子性物質から成る熱伝導材料を複合化したデバイスの作製を行った。よく知られた導電性ポリマーは、ポリマー自体の構造が脆く化学・熱力学的に不安定であるため体内埋込型デバイスには適さない。申請者らが提案する分子性熱伝導材料は究極のゼロ次元分子 C_{60} フラーレンを骨格とした極め

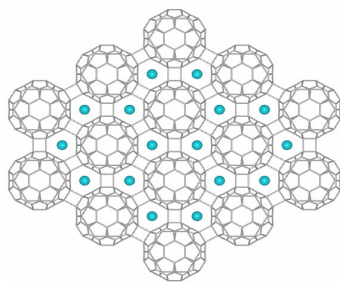


図1 C_{60} の 2 次元ポリマー構造モデル

て安定な構造を有する 2 次元ポリマーである(図 1)。当該材料は安定な構造を有するだけでなく分子性物質の特長である柔らかさ、軽さ、薄さをも有し体内埋込型デバイスに求められる要件を合わせ持っている。新たなデバイスを追加することで排熱を実現するのではなく、限りなく体積、重量を増加させることなく体内埋込型デバイスの発する熱を取り除くことをねらいとする。本共同研究は、医工学と物質科学の融合共同研究であり両分野の新たな展開を拓くことが期待される。

新型コロナウイルスの感染拡大に伴うまん延防止等重点措置の発令を受けて、研究代表者の所属機関では 2020 年度に引き続き各種規制や自粛措置がとられた。従来通りの研究環境を確保することは困難であったが研究計画に沿って成果を得られた。メールでの連絡以外に電話での研究打合せを 1 回、オンラインでの打合せを 2 回行った。オンラインでの打ち合わせにも双方が慣れてきており、有意義な議論を行うことができた。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

研究代表者はフラーレンを骨格とする分子性材料の合成に成功し、隣接するフラーレン分子が連結したポリマー構造を形成していることをフーリエ変換赤外分光測定より明らかにした。試料の熱伝導性を調べるために交流インピーダンスを用いて試料内部の抵抗成分を調べた。試料は酸素濃度が 0.1 ppm 以下であるように管理されたアルゴングローブボックス内にてペレット型に圧力成型しケルビン 4 端子にて測定した。交流インピーダンスにおける Nyquist プロットは典型的な円弧を描き、室温下での電気伝導度は $1.8 \times 10^{-4} \text{ (Scm}^{-1}\text{)}$ と見積られた。一般的な値として Lorenz 数を $2.3 \times 10^{-8} \text{ (W}\Omega\text{/K}^2\text{)}$ とし、

Wiedemann-Franz 則から熱伝導率を見積ると～3.8 (W/mK)と見積られた。予想よりも小さい値が得られたが試料の成型方法、及び端子の接触抵抗を低減することで値は桁で改善されると考えている。また Wiedemann-Franz 則は化学ポテンシャル近傍の数 $k_B T$ 程度のエネルギー領域においてスペクトル伝導度がエネルギーの一次関数で近似できる場合に限り有効である。多くの材料は化学ポテンシャルが band 端近傍に存在するためにスペクトル伝導度がエネルギーの一次関数で近似できず注意を要することから、当該材料においても詳細な解析が求められる。実際に使用する際はデバイスへ蒸着することを考えており接触抵抗等の熱伝導を阻害する余分な抵抗成分は取り除くことが可能であると考え。2022 年度も共同研究を継続しこれまでに得られた知見を基盤として研究を発展させたい。2022 年度は実際の使用条件に近づけるため薄膜状態の試料を用いて非接触非破壊な条件の下、熱伝導、及び熱拡散を評価し、加齢研山田助教と共同して研究を進めたいと考えている。良質な試料を合成するために母物質の昇華精製と分光測定のみではなく X線回折を含めた評価を進める。新型コロナウイルスの感染拡大が鎮静化した後は外部研究機関を利用した精密解析、及び加齢研での実験を計画している。

(3-2) 波及効果と発展性など

2022 年度の共同研究継続を申請した。実際の使用条件に近づけるため薄膜状態の試料を用いて非接触非破壊な条件の下、熱伝導、及び熱拡散を評価し、加齢研山田助教と共同して研究を進めたいと考えている。新型コロナウイルス感染拡大の影響は無視できないが、加齢医学研究所に訪所し共同実験を行えることを期待している。本共同研究が目指す研究成果は、医工学と物質科学における新たな展開を拓くことが期待される。

[4] 成果資料

該当なし