

カピツァ熱界面抵抗に打ち勝つ プラスチック多孔質体熱交換器材の研究

超低温冷却を高効率化するプラスチック多孔質体熱交換器「Piphex」

- カピツァ熱界面抵抗と熱容量が小さなプラスチック（PLC）に着目
- PLC多孔質体は、超低温で熱交換効率の極めて高い熱交換器材になりうる
- 超伝導量子ビット量子計算機の研究に資する高性能な超低温冷却装置へ

研究のねらい

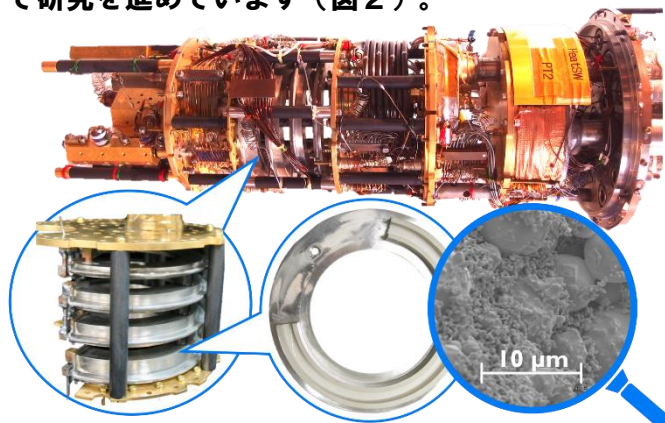
10 mK以下の超低温冷却成功の鍵は、微小熱流入量でも大きな温度差を生むカピツァ熱界面抵抗の低減にあります。金属微粒子を焼結した多孔質体は大きな表面積をもち、超低温冷却用の熱交換器材として利用されています。しかし、有効に熱交換する表面積が一部分だけであるという問題があります。そこで、熱伝導は低いものの、カピツァ熱界面抵抗と熱容量が小さなプラスチック（PLC）に着目しました。これに、最低冷却温度4 mKの希釈冷凍機を実現した熱交換器製造技術を活用し、大表面積を有する超低温冷却に最適なPLC多孔質体熱交換器材の開発を進めています。本技術は、電子デバイスの高効率超低温冷却装置や高性能PLC希釈冷凍機の創出への展開が期待できます。

研究内容

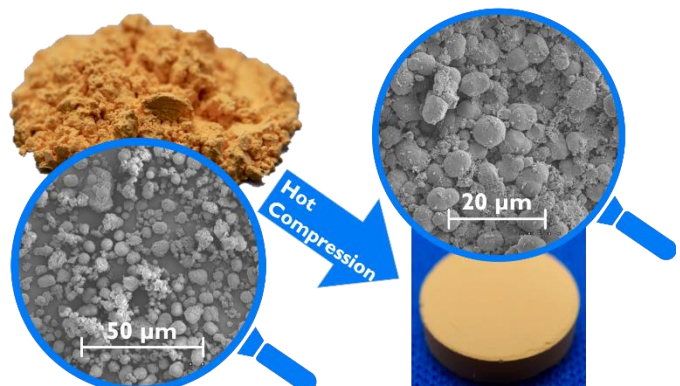
これまで、金属微粒子を焼結した多孔質体熱交換器によりカピツァ熱界面抵抗を低減していました（図1）。熱交換器の表面積を有効に働かせるには、高い熱伝導の多孔質体であることのほか、冷媒ヘリウムの出入りがしやすい適度な隙間がある、かつ熱伝導体である母材への接着強度が高いことが必要です。PLCには、金属に比べ、液体ヘリウムとのカピツァ熱界面抵抗が1桁以上小さく、熱容量が1/7以下と冷えやすいものがあります。PLC多孔質体は、超低温冷却を高効率化する熱交換器材のポテンシャルがあります。われわれは、PLC微粒子の多孔質化・熱交換器製造技術の確立に向けて研究を進めています（図2）。

連携可能な技術・知財

- 希釈冷凍機・核断熱消磁冷凍機製造技術
- 特願2017-222403 (2017/11/20)
「熱交換器、その製造方法、および冷却装置」
- Cryogenics 102 (2019) 1-8,
H. Nakagawa, Y. Miseki and M. Akoshima
- 暫定低温度目盛PLTS-2000に基づく
半導体抵抗温度センサの校正
- ヘリウム3融解圧温度計測（mK温度領域）
- 白金NMR温度計測（ μ K温度領域）



希釈冷凍機と銀微粒子多孔質体熱交換器



PLC微粒子と高温圧縮サンプル

- 研究担当：中川 久司
- 所属：物理計測標準研究部門 極限温度計測研究グループ
- 連絡先：hisashi-nakagawa@aist.go.jp