

# 無冷媒希釈冷凍機システムのための 焼結金属粉末製熱交換器の開発

## ミリケルビン温度を高効率に実現するための熱交換器

- 4 mK 希釈冷凍機開発技術を活用した焼結銀粉末製熱交換器の開発
- 従来型熱交換器に比べ、熱交換表面積を4倍以上に増大
- 高性能希釈冷凍機の低コスト化、ナノ電子デバイス超低温冷却装置への応用

### 研究のねらい

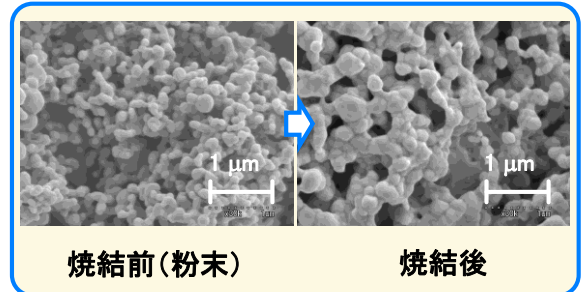
希釈冷凍機は熱擾乱が極めて小さな極低温度を連続的に生成します。この冷凍機の冷凍能力は大きな熱交換表面積を有する焼結銀粉末製熱交換器の性能に大きく左右されます。これは極低温下で大きなカビツァ熱界面抵抗が存在するためです。我々は使用する粉末粒径や焼結条件を変えて焼結体を作製し、焼結体物性を詳細に調べ、従来よりも4倍以上の熱交換効率を有する熱交換器材を開発しました。これにより、熱交換器のコンパクト化ひいては冷媒であるヘリウム3ガスを低減でき、より低コストな希釈冷凍機を実現できます。希釈冷凍機は、弱い相互作用の物理現象の研究や、超伝導量子デバイスによる超精密計測など最先端研究分野では不可欠です。また、この熱交換器は、極低温に冷却しにくいナノ電子デバイスの冷却装置にも利用できます。

### 研究内容

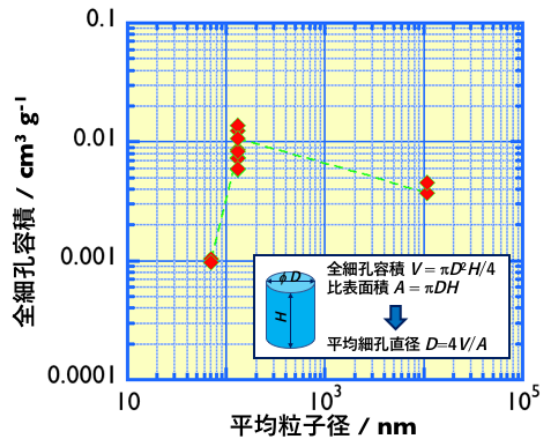
希釈冷凍機の冷凍能力を左右する焼結銀粉末製熱交換器の高性能化には、熱交換器が液体ヘリウムの熱交換に最適な細孔や大きな表面積を有し、さらに高熱伝導であることが必要です。本研究では、4 mKの高性能希釈冷凍機の技術・ノウハウを活用しました。銀粉末粒径や焼結条件を変えて作製した焼結体物性や構造を、ガス吸着法やレーザーフラッシュ法、走査型電子顕微鏡により詳細に調べ、従来に比べ、同等の熱伝導を有しながら、さらに大きな細孔容積・比表面積を有する熱交換器材を開発しました。

### 連携可能な技術・知財

- 技術コンサルティング  
mK・ $\mu$ Kの温度を生成する希釈冷凍機・核断熱消費冷凍機および極・超低温温度計測技術
- 熱交換器、その製造方法、および冷却装置  
特願2017-222403 (2017/11/20)
- 国際暫定低温度目盛PLTS-2000を基準とする抵抗温度センサ校正と性能評価 ( $T \leq 650$  mK)
- 極・超低温 ( $T < 1$  mK) + 強磁場 (9T) デバイス動作試験環境の提供



銀粉末焼結体の走査型電子顕微鏡写真



粉末粒径と全細孔容積