

加圧した超流動ヘリウム中の熱移送特性 - 熱流束範囲を広げた測定 -

Heat transfer characteristics of pressurized He II
-Measurements for wide heat flux range-

物質・材料研究機構, 大陽東洋酸素^A 前田実, 二森茂樹, 佐藤明男, 上岡泰晴^A
Minoru MAEDA, Shigeki NIMORI, Akio SATO, Yasuharu KAMIOKA^A
Tsukuba Magnet Laboratory, NIMS, Taiyo Toyo Sanso Co.Ltd.^A
E-mail: maeda@akahoshi.nims.go.jp

はじめに

一次元超流動ヘリウム中の温度勾配 T と熱流束 q は以下の関係にあることは広く知られている。

$$\nabla T = f(T) \cdot q^m$$

ここで m は様々な実験結果の解析から 3 であるとされている[1]。一般には $m=3$ としたときの $f(T)$ の逆数を熱伝導関数と呼ぶ。これは熱移相特性を評価する目安になっている。一方で Bon Mardion らと Van Sciver はそれぞれがその報告のなかで m が 3 からずれていることを述べている。Bon Mardion らのグループは $m=3.4$ として 0.1 MPa における超流動ヘリウムの熱移送特性を整理した[2]。Van Sciver は基本的には $m=3$ として議論しているが、一方 $T=2.01$ K のときは $m=3.5$ であるとも述べている[3]。しかし現在、実用的には、熱伝導関数は $m=3$ として整理されている。我々も $m=3$ として熱伝導関数を求めてきた[4,5]。しかし加えた熱流束値の範囲が狭く、 $m=3$ であることを十分に確認できていなかった。そこで今回、今までよりも高い熱流束値を加えて実験を行った。

測定結果

より高い熱流束値を加えるためには、チャンネルの長さを短くしてやればよい。そこで新たに長さが約半分の 10cm のチャンネルを準備した。その結果、19cm のチャンネルを用いたときよりも約 1.2 倍の熱流束値までを加えることができた。

図 1 に測定例として熱伝導関数の最大値付近における T と q^3 の関係を示す。この関係の傾きの逆数が熱伝導関数となる。図には今回測定した短いチャンネルを用いた結果も併せて示している。図 1 の直線は $q=0$ の時、 $T=0$ であることを拘束条件として、最小二乗法により決定した直線である。特に熱流束値の高い領域で直線からのずれが大きいために測定した全ての圧力において観測された。従って、今回の熱流束値の範囲を広げた測定結果は $m=3$ とすると十分に説明できない。そこで m を 2.8? 3.8 の間で変化させ、測定された $T \cdot q^m$ と、その時のフィッティングした直線との偏差が最小になる m を求めた。この作業の一例を図 2 に示す。実験結果にもっとも合致する m は明らかに 3 ではなく 3.4? 3.5 であった。この結果は全ての圧力、温度において共通したものであった。本報では、この結果をふまえ、1.5 MPa までの高圧力下で測定を行ってきた熱伝導関数を再吟味する。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費により行われたものである。

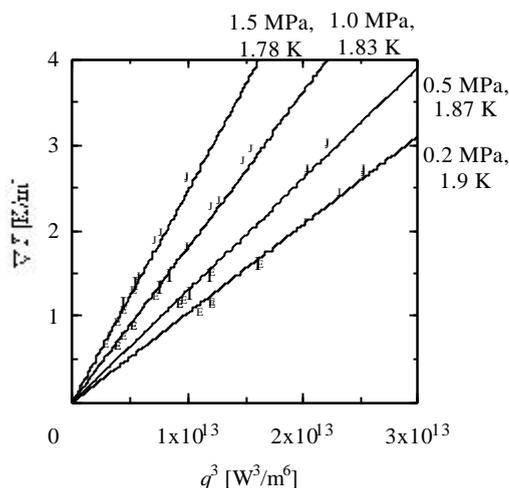


Fig. 1 Temperature gradient in the tube of He II as a function of q^3 ; \circ : L=10 cm, d=6 mm; \square : L=19 cm, d=6 mm; \times : L=19 cm, d=10 mm

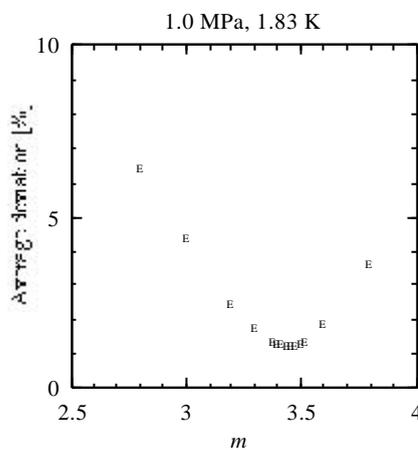


Fig 2. Average deviation of measured data from $T \cdot q^m$

参考文献

- [1] S.C. Soloski and T.H.K. Frederking, Int. J. Mass Transfer 23(1980) P. 437
- [2] G. Bon Mardion et al., Cryogenics 19(1979) P. 45
- [3] S.W. Van Sciver, Cryogenics 18(1978) P. 521
- [4] 前田実他 第 66 回 2002 年度春季低温工学 超電導学会講演概要集 P. 44
- [5] A.Sato et al., Proceedings of ICEC 19, to be published