

氏名(本籍)	いし い たかし 石井 崇(茨城県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第3150号
学位授与年月日	平成15年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	Experimental Study of Cavitation in Liquid Helium Flow through a Venturi Channel (液体ヘリウムのベンチュリ流路中におけるキャビテーション流れの実験的研究)
主査	筑波大学教授 工学博士 村上正秀
副査	筑波大学教授 工学博士 河合達雄
副査	筑波大学教授 工学博士 松内一雄
副査	筑波大学助教授 博士(工学) 阿部豊
副査	筑波大学助教授 工学博士 文字秀明

### 論文の内容の要旨

本研究は、液体ヘリウム流れにおけるキャビテーション現象を、圧力、温度、ボイド率計測や可視化などにより実験的に調べ、常流動液体ヘリウム(He I)の場合と比較することを通して、超流動液体ヘリウム(He II)のキャビテーション流の特性を明らかにすることを目的としたものである。キャビテーションは、液体ヘリウムをベローズポンプによって矩形断面ベンチュリ流路に流し、流速が最大になるスロート部より下流側に発生させた。その結果以下のような新たな知見を得た。

可視化観測により、He II中ではHe Iと比較してキャビテーションの気泡直径が大きく、また発生直後に急成長してさらに下流にまでキャビテーション気泡の生成・発達が持続することが確認された。この事実はHe II中では小規模なキャビテーションが発生した場合でも圧力損失が不連続的に急増するという圧力測定結果にも符号する。そのためHe II中では、キャビテーションの可能性がある場合には、流体機器で急激な配管圧力の上昇や質量流量の低下などに注意を要することが分かった。

またキャビテーション気泡の発生・成長に必要な蒸発潜熱供給に関連して起きる周囲液体の温度低下の測定では、He Iで大きな温度低下が起き、とりわけ両液相境界たる $\lambda$ 温度近傍のHe I相ではキャビテーションに伴いHe II相への相変化すら生じることも確認された。この現象を利用して、He I中のキャビテーションを用いた局所的な超流動ヘリウム混相流冷却システムの開発も可能であることが示唆された。加えて、この温度低下量とボイド率の理論関係式が導びかれたが、これは実験結果と定性的に一致した。また定量的な比較を行う為に静電容量計測によるボイド率センサーを開発し、その校正・評価を行った。

最後にヘリウム中の気泡核及びキャビテーションにおける熱力学的・流体力学的効果についても考察した。その中で、本研究のような実用的環境下の液体ヘリウム中では、キャビテーションの非発生限界を与える過熱度は約1.6kPaと小さく、キャビテーションはむしろ容易に発生することが判明した。また、流れに剥離を伴う場合には、その剥離せん断層で生じる渦核がキャビテーション気泡の源となることが確認された。

## 審査の結果の要旨

本研究は、従来からの実務的経験や限られた実験的研究に基づいて述べられてきた、超流動液体ヘリウム (He II) のキャビテーション流について、幾つかは正すことになり、また新たな知見も大いに加えることになった画期的な研究である。得られた結論は、詳細に及ぶものでは必ずしもないので、今後の更なる研究に待たなければならない面を残すが、それでも今後ますます多くなる超伝導磁石冷却用等の大型超流動ヘリウム冷却システムの開発にとり、極めて重要なものである。

以上に鑑み、本論文は、工学的に高く評価出来る。今後、本研究の内容を基礎とした詳細情報の取得を目的とした研究が大きく進むことを期待したい。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。