

氏名(本籍)	なか い ひろ たか 仲 井 浩 孝 (福島県)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 乙 第 1,085 号		
学位授与年月日	平成 7 年 3 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当		
審査研究科	工 学 研 究 科		
学位論文題目	Superfluid Helium Flow Through Porous Medium (多孔質物質中を通る超流動ヘリウムの流れ)		
主 査	筑波大学教授	工学博士	吉 澤 能 政
副 査	筑波大学教授	工学博士	小 林 康 徳
副 査	筑波大学助教授	工学博士	正 司 秀 信
副 査	筑波大学助教授	工学博士	松 内 一 雄
副 査	筑波大学教授	工学博士	村 上 正 秀

## 論 文 の 要 旨

本論文は、ポーラスプラグ相分離器と熱機械効果ポンプを通る超流動ヘリウム流をそれぞれ明らかにし、併せてこれらが共に多孔質物質中を通る超流動ヘリウムの流れである、という観点から統一的に扱うことを試みた論文であり、英語で記述され、全6章より構成されている。

第1章で関連分野における研究の趨勢を概観して本論文の意義を纏めた後、第2章では多孔質物質中を通る超流動ヘリウムの流れについて、既知の理論及び実験事実を参照しつつ簡明な説明を与えている。

この章以降は実施された実験に関わる記述となり、第3章では、実験に用いられた多孔質物質の透過率を中心とした計測の装置とその結果が述べられている。ここでは、熱機械効果ポンプエレメントへの使用が考えられる市販品のアルミナセラミックについてその透過率や細孔分布も測定され、それらの応用に際しての有用なデータを得ている。超流動ヘリウムと共に用いられる多孔質物質の透過率の測定例は従来から多くは無いが、実はこの値がポーラスプラグ相分離器と熱機械効果ポンプの両エレメントの流れ特性や性能を予測する必須の指標であることが本論文の中で明らかにされた。

第4章では、ポーラスプラグ相分離器と熱機械効果ポンプに関する実験で用いられた装置について詳しく記述されている。実験結果と考察は、ポーラスプラグ相分離器と熱機械効果ポンプに分けて第5章に展開されている。併せて、それぞれの流れに関する実験結果から、多孔質物質中を通る超流動ヘリウムの流れを統一的に考察することも第5章で議論されている。これを含む結論は第6章に纏め

られている。

本論文の、成果と工学的寄与の主なものは、以下の2つの結論である。その一つは、ポーラスプラグ相分離器エレメントからのバルクな液体ヘリウムの漏れに関してである。従来から、実験条件によっては漏れのあることが報告されてはいたが、これが超流動乱流状態における流れの結果であり、多孔質流れの特性を表すもう一つの分枝であることを熱機械効果ポンプの流れからの類推により本論文で初めて明らかにした。もう一つは、熱機械効果ポンプエレメントを通る流れの、理想流状態から超流動乱流状態（非線形の領域）への遷移の臨界条件を、ある程度の精度で予測可能にしたことである。流れが非線形のブランチに移る点を予測可能としたことで、この点から始まるゲルター・メリンク相互摩擦項に依拠した非線形のブランチの性能予測が、実験によるアジャスタブルパラメータ無しに行えるようになった。その結果、従来から明らかになっている理想状態と併せて、非線形のブランチまで全体を通しての性能予測が可能となった。

以上のように、本研究によって、ポーラスプラグ相分離器や熱機械効果ポンプの多孔質物質を通る超流動流れが、どの様に超流動乱流状態へ遷移し、またその際にどのような物理現象が観測されるのか明らかとなった。これらの解析から、実際にポーラスプラグ相分離器や熱機械効果ポンプを設計する際の指針を得、これは ASTROMAG 等今後の超流動ヘリウムを用いる宇宙ミッションに生かされよう。

## 審 査 の 要 旨

ポーラスプラグ相分離器と熱機械効果ポンプ内の流れについて、幅広い丹念な実験を積み重ね、工学的に有意義な結果を得ている。さらに、なされた実験で得られた結論の精度的限界の把握も明確になされており、今後への発展も期待できる。

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。