

## 4 mm水平細径溝付管内における低GWP冷媒の凝縮熱伝達と圧力損失の予測手法

|        |   |
|--------|---|
| 著者     | 広瀬 正尚   |
| 学位名    | 博士(工学)  |
| 学位授与機関 | 東京海洋大学  |
| 学位授与年度 | 2019  |
| 学位授与番号 | 12614 博甲第534号   |
| URL    | <a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00001804/">http://id.nii.ac.jp/1342/00001804/</a> |

## 〔課程博士〕（博士論文審査及び最終試験の結果要旨）

学生氏名：広瀬正尚

博士論文題目：4 mm 水平細径溝付管内における低 GWP 冷媒の凝縮熱伝達と圧力損失の予測手法  
博士論文審査：

申請者から提出された論文について、令和元年7月5日(金) 16:00~18:00に事前審査会を実施した。審査会では、申請者から1時間程の論文内容について説明が行われ、各審査委員より論文内容・体裁について質疑・指摘がなされ、同時に修正・追記事項について申請者に指導・指示があった。その後、事前審査会での指摘事項に沿って論文の修正・加筆が行われ、令和元年8月8日(木)の公開論文発表会(16:00~17:00)後の最終審査会(17:00~18:00)にて各審査委員に修正・追記か所について説明がなされた。

本論文は、溝形状の影響を実験的に検証し、これまでに提案されている溝付管・平滑管内の凝縮熱伝達および圧力損失に関する従来の予測方法を基に、細径における溝形状の影響、細径管の流動解析を加えて新たな予測手法を確立・提案したものである。

冷凍空調機器に使用される冷媒はモントリオール議定書のキガリ改定によって、総量規制が現実のものとなり、冷媒充填量削減のために有効な熱交換器の小型化とその性能を向上させることが切望されている。このことに対応するため、温暖化係数(GWP)の小さな冷媒を用いた熱交換器用伝熱管の細径化が進められているが、低GWP冷媒による細径管内の熱伝達および圧力損失特性は十分に明らかにされていない。また、細径管の溝形状が熱伝達および圧力損失へ与える影響について明確にしたものはなく、そのような現象論に基づき熱伝達・圧力損失特性の予測手法の提案もない。

本論文では、R32およびR1234ze(E)の平滑管および溝付管について、種々の流動条件による細径管内の流動様相を明確に示し、従来の管径との相違を明確にするとともに、溝付管の環状流から波状流への遷移予測式を示している。これらの流動特性を用いることで細径管内の自由対流項と強制対流項が支配的となる領域を明確にし、細径管に適用できる新たな予測式を溝付管、平滑管の凝縮熱伝達および圧力損失について提案している。また、その式は溝形状の影響が考慮されているため、各種溝形状に適用できる形となっている。さらに、非共沸混合冷媒 R32/R1234ze(E)の凝縮特性についても実験的に検証されており、温度グライド等が凝縮熱伝達および圧力損失へ及ぼす影響について示されている。これらの成果は、低GWP冷媒を用いたヒートポンプ機器の熱交換器の熱設計およびサイクル性能解析にたいへん貴重であり、有益な知見を与えるとともに、冷媒の基礎的な凝縮伝熱現象について確立された高度な手法で解析・提案されており、新規性・独創性も含め学術的意義が極めて大きい論文と評価できる。

以上より、申請者から提出された論文は、十分に博士(工学)の学位に値することを審査委員一同確認した。

最終試験の結果要旨：

最終試験は、令和元年8月8日(木)の公開論文発表会終了後に行った。外部審査委員を加えた審査委員一同は、先ず公開論文発表会にて最終的な論文内容の確認を行い、その後別室にて申請者に対して質疑応答により論文内容の最終確認を行った。専門知識については、本論文内容を遂行するためには、熱工学および流体力学の高度な専門知識、実験手法の修得およびそれらに基づく分析能力が必要不可欠であることから、当該専門分野に対し十分な学識を有することを審査委員一同確認した。また、事前審査会から本最終試験までの質疑応答からも十分な専門知識を有することを審査委員一同で再確認した。さらに、本論文に関連した英語による国際学会での口頭発表があり、その他の英語による学術論文も5編あることから、語学についても十分な能力があると判定した。本論文に関する査読付論文として英語論文5編(内国際会議論文2編)、国内誌2編が既に公表・採択済みであること、講演発表は国際会議2件、国内学会4件あること、合同セミナーの出席も60時間の規定を十分満たしていること、研究科が指定した研究者倫理教育を修了していること、平成30年5月には公益社団法人日本冷凍空調学会研究奨励賞も受賞しており、学位論文の審査基準を満たしていることを確認した。以上より、当該専門分野に対して十分な専門・研究・語学能力を有すると評価し、本申請者について論文審査および最終試験とも合格と判定した。