

高沸点冷媒HF0/HCF0系の水平管内沸騰・凝縮熱伝達 および圧力損失

著者	劉 宇飛
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	2020
学位授与番号	12614 博甲第574号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001983/

[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：劉宇飛

博士論文題目：高沸点冷媒 HFO/HCFO 系の水平管内沸騰・凝縮熱伝達および圧力損失

博士論文審査：

申請者から提出された論文について、令和2年7月15日(水)16:30~17:45に事前審査会を実施した。審査会では、申請者から45分の論文内容について説明が行われた後、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2年8月5日(水)の公開論文発表会(15:00~16:00)後の最終審査会(17:00~)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。

本論文では、高温用ヒートポンプやバイナリー発電サイクルに適用できる低 GWP 冷媒の沸騰および凝縮熱伝達および圧力損失特性を実験的に検証し、次世代の熱交換器設計に有用なデータベースの構築を行うとともに、溝付管による伝熱促進効果、これまでに提案されている平滑・溝付管の熱伝達および圧力損失に関する整理式の適用性を検証したのちに、最適な予測式の提案を行っている。

モントリオール議定書の改正により、冷凍空調機器に使用される冷媒は現行の HFC 系冷媒に代わる新規の低温室効果冷媒およびそれら新冷媒を適用した冷凍空調機器の開発が急務となっている。高温水や蒸気を生成するヒートポンプ機器およびバイナリー発電装置の作動媒体として、臨界温度が高く、温室効果が小さく作動圧力が低くなる HFO および HCFO 系高沸点冷媒の開発が進められている。一方、冷凍空調機器の運転時の二酸化炭素排出量削減のためには、システム性能の向上が必要であり、熱交換器性能の高性能化として、冷媒側伝熱促進は管内面に微細な溝加工を施したら旋溝付管が開発されており、単位面積当たりの伝熱促進の増大が図られている。しかしながら、新規冷媒の HFO および HCFO 系冷媒の熱伝達および圧力損失特性に関する詳細な研究は少なく、次世代熱交換器の熱設計やサイクル性能解析を行う際に必要となるそれらの冷媒伝熱特性の把握は十分とは言えない。

実験では、外径9.52 mmの平滑管と溝形状が異なる2種類の溝付管を使用し、HFC系のR134aやR245faの代替候補である低 GWP 冷媒の HFO 系 R1233zd(E), R1336mzz(E), R1336mzz(Z), HCFO 系 R1224yd(Z) およびそれら混合冷媒を対象に行っている。その結果、純冷媒 R1224yd(Z), R1233zd(E), R1336mzz(E), R1336mzz(Z) および非共沸混合冷媒 R245fa/R1234ze(E), R1336mzz(E)/R1336mzz(Z) の平滑管・溝付管の摩擦圧力損失および沸騰・凝縮熱伝達率を明確にし、データベースを構築した。また、R245fa の代替候補である低 GWP 冷媒の伝熱性能に優劣を明確に示し、それぞれの冷媒の溝付管の溝形状の伝熱促進効果についても明確にしている。さらに、これら純冷媒に対する平滑の沸騰・凝縮熱伝達率を最適に予測する整理式の提案を行っている。これらの成果は、低 GWP 冷媒を用いた高温用ヒートポンプ機器をはじめとする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、有益な知見を提供している。また、冷媒の基礎的な沸騰・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2年8月5日(水)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、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4編も含め計6編あること、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から、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。