

# フロン系冷媒を用いた水平微細溝付管外の凝縮熱伝達率の予測

著者	松野 友暢
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567号
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00002007/">http://id.nii.ac.jp/1342/00002007/</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：松野友暢

博士論文題目：フロン系冷媒を用いた水平微細溝付管外の凝縮熱伝達率の予測

### 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) 17:45~18:30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(16:00~17:00)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、外径19mmおよび16mmを対象とし、平滑管と種々の外面フィン形状を持つ3次元微細溝付管およびローフィン管について、HFC系冷媒R134aおよびR245fa、またHFO系冷媒R1234ze(E)およびR1234yfの水平管外凝縮熱伝達実験を行い、単管および管群状態を模擬した場合の熱伝達特性を明らかにするとともに、フィン形状と冷媒物性が伝熱性能・液膜流動様相へ及ぼす影響を実験的に明確にし、3次元微細溝形状の水平管外凝縮熱伝達率の予測式を提案している。

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、総量規制が喫緊の課題となっており、特にターボ冷凍機のような大型機器は冷媒充填量が非常に多く、熱交換器の小型・高性能化が強く求められている。この社会的要求に対して、ターボ冷凍機の凝縮器には3次元微細形状を有する伝熱促進管を使用し、小型・高性能化を図っている。しかしながら、伝熱促進管の3次元微細形状については、形状を体系的に検証した例はなく、冷媒物性が及ぼす伝熱性能・液膜流動様相への影響についても十分に明らかになっていない。また、近年の低GWP冷媒であるHFO系の伝熱特性の検証例は少なく、熱的設計を行う上で十分な解明がなされてはいない。加えて、実際の凝縮器として使用する場合には、管群となり熱的設計においてはインアンデーションの影響を考慮する必要があるが、研究事例は乏しい。

本論文では、3次元微細溝をはじめとする加工管の管外凝縮現象について、溝形状が伝熱性能・液膜流動様相へ及ぼす影響を単管および管群で明確にし、HFC系の代替として新規に開発された低GWP冷媒であるHFO系の伝熱性能・液膜流動様相、HFC系との差異についても明確にしている。最終的に凝縮理論に基づき、得られた実験データを最適に相関する予測手法を確立・提案している。これらの成果は、低GWP冷媒を用いた大型ターボ冷凍機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4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2編も含め計7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。