

別紙 1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻
氏名 Afdhal Kurniawan Mainil

本研究で対象としている冷凍空調分野では、地球温暖化影響が二酸化炭素の数百倍から1万倍以上に及ぶ冷媒が問題になっており、温暖化影響の小さい冷媒への転換が緊急の課題となっている。また、特に重要な機器である熱交換器は、細径化による冷媒充填量の削減と伝熱性能の向上に関する研究開発が要求されている。

第1章では、研究の背景となる既存冷媒 (CFCs や HCFCs, HFCs) による地球環境問題への影響が概説されるとともに、新規冷媒、特に HFO 系冷媒への転換が急務であることが説明されている。また、新規冷媒の中でも、R1234yf, R454B, R454C が特に有望な代替冷媒候補であり、研究対象冷媒として選択したことが述べられている。さらに、関連する論文などの調査結果を詳細にまとめている。

第2章では、実験装置の構造、温度や圧力、流量の測定方法、熱伝達率および摩擦圧力損失の求め方が詳しく説明されている。冷媒の局所熱伝達率は、測定した管壁温度と熱源水との熱交換の関係から独自に開発した方法で求めている。また、測定の不確かさの算出についても詳細な説明が示されている。

第3章では、溝付管内の断熱気液二相流における摩擦圧力損失の実験結果について詳細な検討を行うとともに、摩擦圧力損失勾配を予測する新たな相関式が提案されている。相関式中の調整パラメータは、本実験データの他に論文から得られた他の研究者のデータも加えて決定されている。またそれにより、式の作成に使用しなかった種々の冷媒についても、広い条件範囲で摩擦圧力損失を高精度で予測できることを示している。

第4章では、単一冷媒 R1234yf の細径溝付管内の凝縮熱伝達について、その熱伝達特性を詳細に説明

するとともに、熱伝達率の相関式に関して他の研究者の式との比較を行っている。また、それらの結果に基づいて、新たな式の提案を行っている。提案した式は、乱流液膜理論に基づく強制対流域の相関式と Nusselt の水膜理論に基づく自由対流域の相関式を組み合わせたもので、他の研究者の式よりも高い精度で実験値を予測している。

第5章では、単一冷媒 R1234yf の流動沸騰熱伝達について詳細な検討が行われている。沸騰熱伝達率が高乾き度域で質量速度の影響が顕著になること、熱流束が高くなると熱伝達率が高くなることなどが実験結果に基づいて詳細に示されている。また、他の研究者の相関式との比較を行い、予測結果に関して詳細な検討を行っている。

第6章では、非共沸混合冷媒 R454B および R454C の摩擦圧力損失および熱伝達率の特性に関して詳細な検討が行われている。非共沸混合冷媒では、気液相変化過程で温度および気液の組成比が変化する。そのため伝熱メカニズムが単一冷媒と異なり、物質伝達抵抗による伝熱劣化が生じる。それを考慮したデータ処理が説明されている。また、圧力損失は第3章で提案した式でよく予測できること、熱伝達率を予測する適切な相関式が無いことを報告している。

第7章では、本論文で示された研究結果の総括が行われるとともに、今後の研究課題、方向性に関する提言を行っている。

本研究で得られた成果は、独創的な新しい結果を含んでおり、工業的に広く応用できるものである。

令和4年7月25日に実施した博士論文公聴会では、これらの内容が分かりやすく丁寧に説明され、質問に対しても適切な回答がなされた。なお、本研究の内容は2件の査読付き Journal 論文に掲載されるとともに、3件の国際会議で発表されている。

以上のことより、本論文は博士 (工学) の学位を授与するに値すると判断され、審査員全員の一致で合格と判定された。