

沸騰熱伝達率の求め方とその不確かさ解析について述べている。

安定した圧縮機の運転状態で、小流量の冷媒量を安定してテストセクションに供給するために、冷媒流路は圧縮機に対して並列にしてある。テストセクションはステンレス製の平滑管であり、加熱方法は直流電源による通電加熱としている。テストセクションは、ダクト内の空気温度を冷媒の蒸発温度に設定し、そのダクトの中に設置されていて、蒸発管から周囲の空気への熱の出入りを小さくしている。冷媒流量、温度はコリオリ流量計、熱電対を用い、それぞれの出力はデータロガーを介してパソコンで計測している。蒸発管入口、出口の冷媒圧力は、精度よく測定するために精密圧力計を使用している。局所熱伝達率の不確かさ解析では 11.1%程度が見積もられた。

第 3 章は、実験結果について考察を交えて報告している。蒸発管の各管径 0.51, 1.12, 3.1 mm について、局所熱伝達率に対する熱流束、質量流束、蒸発管入口クオリティの影響、蒸発温度の影響をまとめている。

熱流束の影響についてはいずれの蒸発管径においても、熱流束の増加で熱伝達率の増加のあることを示し、管内沸騰伝熱に対して核沸騰の寄与のあることを示した。質量流束の影響については、1.12 mm と 3.1 mm 管の場合は質量流束の増加で熱伝達率の増加があるが、0.51 mm 管ではその影響ははっきりせず質量流束の影響は弱くなる。このことより管径が 0.51 mm 程に小さくなると質量流束の影響は弱く、従って強制対流蒸発の寄与が小さくなることを示した。管径の影響については、0.51 mm 管は他管よりクオリティ約 0.6 以下において局所熱伝達率が高くなっていることを示した。この理由として、同質量流束で単位質量流束当たりの伝熱面積は管径が小さくなる程大きくなること、を一つの要因として取り上げた。蒸発管入口クオリティの影響については、入口クオリティが約 0.15 以下になると高クオリティ域の熱伝達率低下がある。クオリティが約 0.15 では、流動様式はスラグ流と環状流の境界にあたり、それは間欠流と連続流の境界とみることができる。間欠流が激しくなると、流れは脈動的になり高クオリティ域の熱伝達率低下は激しい。0.15 mm 管では脈動流は観察されず、高クオリティ域の大きな熱伝達率低下はない。蒸発温度の影響については、管径によりその影響に差異はあるものの蒸発温度が高くなると熱伝達率は高くなる。これは熱力学的に平衡を保った気泡の半径と過熱度の関係から説明を加えた。局所熱伝達率を Lockhart-Martinelli のパラメータの逆数で整理すると、0.51 mm 管と 1.12 mm 管のそれぞれのデータは異なる傾きの直線に載る。この傾きの意味は強制対流蒸発の影響の強さとみることができる。0.51 mm 管のデータの近似直線は 1.12 mm 管のデータのそれより小さく、従って管径が小さくなると強制対流蒸発の影響が弱まる。圧力損失はクオリティで整理すると、管径が減少すると共に圧力損失の増加があるとはいいがたいことを示した。3.1 mm 管の圧力損失は Lockhart-Martinelli 相関による予測が、また 0.51 mm 管では均質流モデルの予測がそれぞれ合う。このことから管径が小さくなると流れは単層流的になると考えられる。ドライアウト点を局所熱伝達率の低下し始める点とし、脈動のない場合において、0.51 mm 管、1.12 mm 管、3.1 mm 管ではドライアウト点はそれぞれクオリティ 0.6、0.8~0.9、0.9 であり、管径が細くなるとドライアウトが早まることを示した。流動様式については、間欠流（スラグ流など）と連続流（環状流）の遷移に注意をはらい、既存の流動様式線図との比較ではいずれもよく実験データを説明するにはいたらなかった。0.51 mm 管では層状流は現れず、低クオリティ域では表面張力の影響が顕著に現れたスラグ流が観察された。3.1 mm 管では、冷媒液が管の下方に偏った大口径の流動様式に近いものであった。

第 4 章は、沸騰熱伝達率の相関式とドライアウト予測とし、管径が小さくなるとドライアウトクオリティ

が小さくなりポストドライアウト熱伝達の評価が重要になることから、Chen 型相関式の提案、ドライアウト点の予測、ポストドライアウト熱伝達率予測をまとめたものである。

Chen 型の相関式の提案では、実験からの知見：管径が小さくなると、i) 強制対流蒸発の伝熱への寄与が小さくなること、ii) 流動様式では表面張力が相対的に大きく影響する、ことからこれらの影響をウェーバー数 We_v で表した。沸騰熱伝達の対流効果を表す Chen のパラメータ F を Lockhart-Martinelli のパラメータ X とウェーバー数 We_v で表した。管径 0.51~10.92 mm の HFC-134 の水平管内の沸騰熱伝達率データ 2224 個にフィッティングする定数を決定した。提案した Chen 型相関式と既存の相関式：吉田、田中、小笠原、Schrock-Grossman 型、Kandlikar, Gungor-Winterton の各相関式と実験データとの比較をすると、提案した相関式は最もよく実験データを予測することができた。提案した相関式の CO_2 の沸騰熱伝達率データへの適用は、実験値と予測値の一致はよくない。HFC-134a の高換算圧力系 (3.0~3.7 MPa) の沸騰熱伝達率データへの適用は、核沸騰伝熱項に Cooper のプール沸騰の式を用いると実験値と予測値の一致のよいことを示した。ドライアウト予測では、2, 3 の仮定の下に環状流モデルを提案、臨界液膜厚さ (ドライアウト直前の液膜厚さ) を実験データから約 $15 \mu m$ と評価することができドライアウトクオリティの予測式を提案することができた。ドライアウトの予測式は、管径が小さくなるとドライアウトクオリティが小さくなり実験的傾向および実験値を説明することができた。既存のドライアウトクオリティ相関式は、管径の影響を説明することはできなかった。ポストドライアウト熱伝達を評価するために乾き率を導入し、乾いた部分の熱伝達は気体の場合の Dittus-Boelter の式で、濡れている部分の熱伝達は提案した相関式でそれぞれ評価した。乾き率はポストドライアウト熱伝達率の定義式と実験データから求めた。壁面の乾きは液膜流が層流と乱流で異なり、層流の場合は乱流より低クオリティで乾き始める、乾き率を層流の場合と乱流の場合に分けてクオリティの近似式で表した。乾き率を用いたポストドライアウト熱伝達による予測値はドライアウト後の実験値をよく説明することを示した。本論文で提案した Chen 型相関式でプリドライアウト熱伝達率を、環状流モデルでドライアウトクオリティを予測、そしてポストドライアウト熱伝達は乾き率を導入した相関式から求めることができることを示した。細管になるとドライアウトが早まり、ポストドライアウト熱伝達も重要となる、本論文で提案した相関式を用いと全クオリティ域についての熱伝達率予測ができる。従来の相関式では主にプリドライアウト熱伝達率予測に限られていた。

第 5 章は、結論をまとめている。管径が流動様式に与える影響、沸騰熱伝達に与える影響、ドライアウトの発生に与える影響をまとめている。提案した相関式、ドライアウトクオリティの環状モデルの予測成果をまとめている。