

論文審査の結果の要旨

氏名 齋藤 静雄

本論文は5つの章から成っている。

第1章 序論では研究の背景，従来の研究では，細管における沸騰熱伝達の研究，流動様式の研究，圧力損失およびドライアウトの研究に注目して記述した．次に研究の目的を記述し，終わりの節では本論文の構成を示している。

第2章 実験では本研究を遂行するための実験を1節から6節において記述している．1節の実験装置では，小流量の冷媒供給のための並列流路の実験装置の概略を示した．2節のテストセクションでは細い蒸発管の詳細を記述した．3節の計測システムでパソコン計測の概略を示し，4節の局所沸騰熱伝達率の求め方では局所熱伝達率について記述し，管内冷媒温度は蒸発管の入口出口の冷媒圧力を直線近似し冷媒圧力の飽和温度としている．5節では計測の不確かさを記述し，局所熱伝達率の不確かさは約11%であることを示している．6節の実験条件では，内径の異なる3種類の蒸発管において熱流束，質量流束，蒸発管の入口クオリティ，それに蒸発温度についての実験範囲を示している。

第3章の実験結果と考察は10節からなり実験結果と考察をまとめている。1節は局所沸騰熱伝達率の整理で、本実験の潤滑油濃度は0.1 wt%以下であり潤滑油の影響は無視できるとした。2節から6節までは局所沸騰熱伝達率に対する実験パラメータの影響をまとめている。2節では熱流束の影響をまとめ、0.51~3.1 mm 管では熱流束の増加で熱伝達率の増加を示し、沸騰熱伝達に核沸騰の寄与のあることを示した。3節の質量流束の影響では、1.12, 3.1 mm 管の場合、質量流束の増加で熱伝達率の増加はあるが0.51 mm 管では質量流束の影響がはっきりしないことを示し、0.51 mm 管では強制対流蒸発の寄与が小さいことを示した。4節の管径の影響は、0.51 mm 管の低クオリティ域では他の管径より熱伝達率の高いことを示した。5節の蒸発管入口クオリティの影響は、蒸発管の入口クオリティが0.15以下のとき高クオリティ域の熱伝達率の低下を示した。6節の蒸発温度の影響は蒸発温度の上昇で熱伝達率の増加を示した。7節で沸騰熱伝達率の $\left(\frac{1}{x_{v,t}}\right)$ 整理による強制対流効果の影響では、管径が小さくなると強制対流蒸発の影響が弱まることを示した。8節の圧力損失では圧力損失をクオリティで整理し、管径が小さくなっても必ずしも圧力損失の増加を招くわけではないことを示した。3.1 mm 管で Lockhart-Martinelli 相関による予測が0.51 mm 管で

均質流モデルによる予測がそれぞれ実験値に合うことを示した。9節のドライアウトについては、管径が小さくなるとドライアウトの発生のクオリティが小さくなることを示した。10節の流動様式では、0.51 mm 管で表面張力の影響が大きく現れた流動様式、3.1 mm 管では大口径の流動様式に近いとしている。

第4章の沸騰熱伝達率の相関式とドライアウト予測は4節から成っている。1節のプリドライアウト熱伝達では Chen の相関式について説明し、管径の影響を We 数で表し Chen のパラメータ F を We 数と Martinelli のパラメータ X の関数で表し、Chen 型の相関式を提案している。提案した相関式の適用範囲において、HFC-134a では広い範囲の管径 (0.5~11 mm) と広い換算圧力(0.09~0.91)に適用可能であること、R-12, CO₂にも適用できることを示している。2節のドライアウトクオリティでは、簡単な仮定の基に環状流モデルを提案し実験データを説明できることを示している。3節のポストドライアウト熱伝達はモデルに乾き率を導入し、液膜の伝熱は提案した Chen 型相関式で、蒸気-固体壁との伝熱を気相の Dittus-Boelter の式でそれぞれ評価し、予測値と実験値はほぼ一致した。4節のクオリティ全域の熱伝達は、本研究で提案した Chen 型相関式を用いて、全クオリティ域の熱伝達率予測を行い、実験値

をよく説明することを示している。

第5章は結論である。本研究で得られた結果を以下のようにまとめた。管内径が 0.5 mm 程に細くなると、沸騰伝熱の強制対流蒸発の影響は小さくなり核沸騰伝熱が支配的になること、浮力に対して表面張力の影響が大きく現れ流動様式に成層流は現れず間欠流（スラグ流）が現れやすくなることを示した。管径の影響を Weber 数で表現し Chen 型の相関式を提案した。環状流モデルを提案しドライアウト予測を行った。0.51 mm 管の場合の圧力損失は单相流的な均質流モデルが合うことを示した。プリドライアウト熱伝達では提案した Chen 型相関式、環状流モデルからドライアウトクオリティの予測、ポストドライアウト熱伝達では乾き率を導入したモデルより、蒸発管全長の熱伝達率予測を可能とした。

以上のように、本論文では細管内を HFC134a が流れる場合の沸騰熱伝達と圧力損失を実験により明らかにし、熱交換器全域の熱設計を可能にする相関式を提案している。これは工学上きわめて重要な知見であり、博士（環境学）の学位を授与できると判定する。