九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

水平に配置した扁平多孔伝熱管群で構成される熱交換器を搭載した空調機器の低温外気性能向上に関する研究

松本，崇

https://hdl.handle.net/2324/4060163

出版情報：九州大学，2019，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)

氏　　名　：松本　崇

論 文 名　：水平に配置した扁平多孔伝熱管群で構成される熱交換器を搭載した空調機器の低温外気性能向上に関する研究

論　文　の　要　約

本研究は，水平に配置した扁平多孔伝熱管群で構成される熱交換器を搭載した空調機器の低温外気時の性能向上に資する設計手法の構築と，性能向上策を提案するとともに，それを実証したものである．本研究成果は，省エネと冷媒使用量削減を達成する環境負荷の低い空調機器の高度な設計開発に貢献するものである．本論文は全 6 章から構成される．

第 1 章の「序論」では，定置式の空調機器を取り巻く規制と市場状況並びに技術開発の動向を分析した．そして，定置式の空調機器の高効率化には，コルゲートフィンと扁平多孔伝熱管を用いた熱交換器が有効である一方，低温外気時に発生する暖房能力低下が課題となることを問題提起し，具体的な技術課題を提示した．

第 2 章の「垂直多分岐冷媒分配器における気液二相冷媒分配」では，扁平多孔管熱交換器の性能に大きく影響する多分岐冷媒分配器の分配特性について，初めに従来型分配器について実験を行って分配量予測モデルを構築し，続いて分配特性を改善する新型分配器の開発を行った．実験では，従来研究にない 20 を超える分岐数の分配器を対象に，ヘッダ径や冷媒入口状態を変化させながら分流偏差を測定し，重力により液相冷媒がヘッダ上部まで到達しない現象を含む一般特性を見出した. 分配予測モデルの構築では, これまでに提案されている少分岐対象の 1 次元計算モデルを基に，それを 20 分岐以上の多分岐へ拡張するとともに，従来は予測不可能であったヘッダ上部への液相冷媒不到達を予測する LBL (Liquid Branching Limit) モデルを新たに考案して組み込んだ．実験結果と比較してモデルの精度を検証した結果，液冷媒到達高さ比を±20 ポイント，液冷媒流量偏差±0.2 以内の誤差で予測できた．分配特性を改善する新形状分配器の開発では，液冷媒をすべての分岐管に適切に分配するために，枝管（分岐管）を主管（垂直ヘッダ管）に挿入した新分配器を考案し，その分配性能を可視化実験で確認した．結果，従来分配器では液冷媒がヘッダ上部に到達しない条件でも，ヘッダ上部に到達することを実証し，液冷媒の分配制御に成功した．また，空調機器へ組み込んだ検証試験では，熱交換性能が 15%，システム COP では 1.5%，それぞれ向上することを実証し，分配器単体の試験から予測される性能向上率ともよく一致することを確認した．

第 3 章の「扁平多孔伝熱管を構成する水平微細矩形流路内の冷媒凝縮熱伝達」では，除霜操作でよく用いられる質量速度 100 kg/(m^2·s) 程度以下の冷媒の凝縮熱伝達の特性解明を目的に，凝縮熱伝達率の測定実験と予測整理式作成を行った．実験では，水力直径 1.02 mm の水平単一矩形ミニチャンネルを流れる HFC 系冷媒の R 134a, R 32 および HFO 系冷媒の R 1234ze(E)の凝縮熱伝達率を測定し，その結果，低質量速度または高湿り度域では，扁平多孔管の実験データを基にした従来整理式から算出される熱伝達率よりも高い値を示し，従来整理式を拡張適用できないことを明らかにした．そこで，実験データに基づいて，90%以上のデータを誤差 30%以内の精度で再現する整理式を作成した．また，上記のとおり凝縮熱伝達は低質量速度域でも良好であるため，低質量速度でよく運転される除霜時の性能低下の要因は，熱交換器内の冷媒分配や熱負荷分布の不均一が支配的であることを明らかにした．

第 4 章の「フィン上の凝縮・融解水の排水挙動と排水性向上」では，熱交換器フィン上の保水量

の予測を目的に，コルゲートフィンタイプとプレートフィンタイプそれぞれについて浸漬排水実験を行い，保水量の過渡測定と分布の可視化を行った．その結果，コルゲートフィンタイプは，プレートフィンタイプに比べ，最終保水量が大きく，排水速度が小さい傾向を示した．また，格子ボルツマン法による数値流体解析を行い，実験の排水挙動を定性的に再現し，さらに最終保水量については定量予測にも成功した．最後に，保水量は，ボンド数で整理でき，ボンド数の増加により低減できること，加えて，代表長さを大きくしてボンド数を増加させるのであれば，扁平管上面とフィンがなす空間の寸法を拡大することが有効であると考えられるなど，排水促進の指針を提示した．

第 5 章の「水平に配置した扁平多孔伝熱管群で構成される熱交換器を搭載した空調機器の低温外気性能の向上」では，第 2 章から第 4 章で議論した知見を集約した新型機を製作し，JIS で定められた空調能力試験時の低温外気条件の下で運転実験を行った．従来機と比較して性能向上の効果を検証し，除霜時間を含んだ低温外気時の暖房出力である総合平均熱交換量が 3.7 ポイント向上することを実証した．詳細には，第 2 章の冷媒分配の改良による出力向上の効果は+17.3 ポイントであり，第 4 章の除霜後の室外機熱交換器の保水量の削減対策による同上の効果は，除霜時間短縮により+1.4 ポイント，しかし熱交換器の体積を固定するため総括熱コンダクタンスは低下し，−15 ポイントであった．今回の保水量削減対策では，フィンピッチを一様に拡大したため総括熱コンダクタンスの著しい低下を招いた．一方で，保水量の低減により除霜時間が短縮されることを確認し，このことにより出力の向上のみならずユーザーの体感性能向上も見込まれるため，総括熱コンダクタンスを維持したまま，保水量を低減する設計がより効果的であることも見出された．

第 6 章の「結論」では，本論文成果のまとめを示した．