

## 冷蔵庫除霜運転における蒸発器管内冷媒の流動特性 と熱輸送に関する研究

堀井, 克則

<https://hdl.handle.net/2324/1441230>

---

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

氏 名 : 堀井 克則

論文題名 : 冷蔵庫除霜運転における蒸発器管内冷媒の流動特性と熱輸送に関する研究

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

一般家庭における年間消費電力量のうち冷蔵庫が最も大きな割合を占めており、家庭でのエネルギー消費抑制のためには、冷蔵庫のより一層の省電力化が不可欠である。冷蔵庫の消費電力の多くを占めるのが圧縮機で、従来から圧縮機への投入電力低減のため様々な技術開発がなされているが、さらなる省電力化のためには、圧縮機に次いで割合が大きい除霜ヒータの消費電力を低減するための技術開発、すなわち着霜した蒸発器の除霜効率を向上する技術開発が重要になっている。冷蔵庫の除霜運転には、圧縮機および庫内冷却用ファンの運転を停止した状態で、蒸発器のほぼ鉛直下部に設置したふく射ヒータによって加熱を行う方式が広く用いられている。除霜運転開始時には圧縮機の停止により管内に冷媒液が滞留した状態であり、加熱時、管内で冷媒が流動し、これが除霜特性に影響を及ぼすことが推測される。本論文は、冷蔵庫の省電力化に向けた除霜効率の向上を対象として、蒸発器を単純化した単列モデルおよび蒸発器で使われるような二列モデルについて、それぞれ、無着霜状態での加熱実験と着霜状態での除霜実験を行い、さらに、管内面形状や管配列を変更したモデルについて加熱実験を行って、除霜運転時の蒸発器管内冷媒の流動特性と熱輸送現象を解明したものである。

第1章では、本研究が対象とする冷蔵庫の除霜運転時における冷媒の流動特性と熱輸送現象の重要性について説明し、本研究に関連する従来の研究を概説して、本論文の目的を明らかにした。

第2章では、単列のアルミ管および可視化管における無着霜状態での加熱実験により、冷媒の基本流動特性を明らかにした。すなわち、下段冷媒液の蒸発により発生した冷媒蒸気が上昇する際に、冷媒液も押し上げられるが、一部は逆流する繰り返りで、下段に冷媒液が最後まで残り、加熱とともに、上段への液供給量が減少して、最上段より順に過熱蒸気になることを明らかにした。また、その際の冷媒の流動変化と管表面温度変化の特性を対応づけた。さらに、単列のフィン付きアルミ管の加熱実験を行い、管外伝熱面積増加により冷媒の蒸発が進み、テストセクション全体で過熱蒸気になる時刻が早くなるものの、冷媒流動の特性は基本的に同様であることを明らかにした。

第3章では、単列フィン付きアルミ管について着霜時の除霜実験を行い、除霜時の冷媒流動を明らかにした。すなわち、基本的には、下段で蒸発した冷媒蒸気が上段に液を押し上げながら上昇し、上段で冷媒蒸気が凝縮する様相であり、このとき放出熱が除霜に寄与すること、および、霜の融解が終了した下段では、上段からの液の下降が滞り、下段から順次過熱蒸気単相状態に至ることを明らかにした。また、冷媒を充てんしない真空条件での除霜実験を行い、これと比較して、上昇した冷媒蒸気が上段で凝縮して凝縮潜熱を放出する冷媒の熱輸送は、特にヒータから離れた上段の霜の融解に有効であり、除霜終了の早期化に寄与していることを明らかにした。

第4章では、まず、二列可視化管の加熱実験を行い、列による冷媒流動様相の違いを検討した。その結果、アキュムレータと接続された列では単列での流動様相と同様となるものの、他方の列では、上段への液供給は見られず、アキュムレータ接続列の下段から上段への液供給に伴い、連結する最下段を通してアキュムレータ側列へ液が移動する流動様相になることを明らかにした。次いで、二列フィン付きアルミ管での加熱実験を行い、管表面温度の変化特性を調べた。その結果、冷媒流動特性は二列可視化管の観察結果と同様に両列で異なると考えられるものの、管表面温度の変化はフィンの熱伝導により両列で類似することがわかり、フィン付き複数列仕様の蒸発器では、冷媒が流動する列において熱輸送を促進することができれば、冷媒が流動しない列も含めて除霜効率を向上させることができることを明らかにした。

第5章では、二列モデルについて、着霜時の除霜実験を行い、除霜時の冷媒流動特性と熱輸送の効果を検討した。その結果、アキュムレータとの接続列では液を押し上げながら、他方接続していない列では液は伴わないものの、ともに、下段からの発生蒸気が上段に上昇して凝縮し、除霜に寄与する一方、霜の融解が終了した下段ほど、上段からの液下降が滞り、順次過熱蒸気単相状態に至る様相であることがわかった。さらに、冷媒を充てんしない真空条件での除霜実験と比較して、二列モデルでも、単列モデルと同様、冷媒蒸気の凝縮による下段から上段への熱輸送は、両列とも、特にヒータから離れた上段の霜の融解に有効で、除霜終了の早期化に寄与することを明らかにした。

第6章では、内面溝付き管と千鳥配列管について加熱実験を行い、管内面形状と配列の影響を検討した。実験結果より、内面溝付き管の冷媒流動特性は、基本的に平滑管と同じと考えられるものの、冷媒への伝熱がよい一方、液の流動抵抗は大きいため、平滑管に比べて、下段で発生した蒸気による上段への液供給量は減少し、蒸気は上段に上昇しやすくなっているものと推測された。また、千鳥配列管では、下方二段目管も最下段と同程度にヒータから加熱されるため、下段での蒸発量が多く、変化の経過時間が短くなるが、冷媒流動特性は基本的に直線配列と同じであることがわかった。したがって、溝付き管および千鳥配列管においても、冷媒の基本流動特性は平滑直線配列管と同じであり、平滑管と同様の除霜効率向上の指針を適用できるものと考えられた。

第7章では、本論文の総括を行った。