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

単一水平円管上における低GWP冷媒の自由対流凝縮およびプール沸騰熱伝達に関する実験的研究

永田，龍一

https://hdl.handle.net/2324/1654932

出版情報：九州大学，2015，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（3,4）

平成 28 年 1 月 14 日

氏　　名　：永田　龍一
論 文 名　：単一水平円管上における低ＧＷＰ冷媒の自由対流凝縮およびプール沸騰熱伝達に関する実験的研究
所　　属　：九州大学大学院　総合理工学府　環境エネルギー工学専攻

論文内容の要約

現在，地球温暖化の原因である温室効果ガスの排出量は世界各国において年々増加傾向にある．また，国内における温室効果ガスの排出量は世界推移に比して緩やかではあるが増加傾向にあり，2013 年は CO_2 換算で約 13 億トン排出している．その中で，冷凍空調機器用の冷媒の製造，使用，廃棄の過程などによる温室効果ガスの排出量は約 2.3%と決して大きい比率ではない. しかしながら，現在，冷凍空調機器に使用されている HFC 系冷媒の GWP（地球温暖化係数）は CO_2 の数百から数千と非常に大きく，その使用量は年々増加の一途を辿っており，冷媒の地球温暖化への影響は無視できない状況にある．その為，冷凍空調分野においては，冷凍空調機器の更なる省エネルギー化と使用冷媒の低 GWP 化が喫緊の課題となっている．このような状況下，近年，R1234ze(E)，R1234ze(Z)やR1233zd(E)などの新規に開発されたHFO系およびHCFO系冷媒が次世代の低GWP冷媒として注目を集めており,それらの冷媒を使用するための基礎研究として,化学的性質の評価，熱力学的・輸送的性質の測定などが本格化しつつある．しかしながら，それらの冷媒を用いた空調機用熱交換器の設計や性能評価に不可欠な伝熱特性についてはほとんど明らかにされていない.

以上より，本論文では，新規低 GWP 冷媒の単一水平円管上における自由対流凝縮およびプール沸騰実験を行い，それらの伝熱特性の把握を試みるとともに，新規低 GWP 冷媒と既存冷媒の実験結果を比較し，新規低 GWP 冷媒の有用性について検討した．また，実験で得られた熱伝達率と従来提案されている熱伝達率に関する予測式との比較を行い，新規低 GWP 冷媒に対するその適用性について検討した．さらに，3 次元フィン付管上における熱伝達率と平滑管上における熱伝達率とを比較し，新規低 GWP 冷媒の伝熱促進について検討した.

以下，全 5 章で構成される本論文の内容を説明する.

第 1 章では，単一水平円管上における自由対流凝縮およびプール沸騰熱伝達に関する従来の研究について概説するとともに，本論文の意義と目的を示した.

第 2 章では，本研究で用いた実験装置，実験方法および実験条件について説明を行った．また，試験伝熱管の仕様について説明するとともに，試験冷媒の化学的性質および熱物性について説明を行った.

第 3 章では，R134a，R245fa，R1234ze(E)，R1234ze(Z)および R1233zd(E)の単一水平円管上における自由対流凝縮実験を行い，それらの凝縮熱伝達特性の把握を試みた．その結果，(1)銅製平滑管上における凝縮熱伝達率は，いずれの冷媒でも壁面過冷却度の増加に伴い減少する，(2)R134a および R1234ze(E)の凝縮熱伝達率は飽和温度の上昇に伴い低下する，(3)R134a，R245fa，R1234ze(E)および R1234ze(Z)のヌセルト数は Nusselt の式より算出した計算値と±10%以内で一致する，(4)R1233zd(E)のヌセルト数は Nusselt の式より算出した計算値に比して約 25%大きい，(5)同一飽和温度条件において，R1234ze(E)の凝縮熱伝達率は R134a に比して低い，(6)同一飽和温

度条件において，R1234ze(Z)の凝縮熱伝達率はR245faに比して高く，R1233zd(E)の凝縮熱伝達率は R245fa に比して低い，(7)R134a および R1234ze(E)の凝縮液落下位置間距離は，R245fa，R1234ze(Z)および R1233zd(E)に比して短い，(8)R245fa，R1234ze(E)，R1234ze(Z)および R1233zd(E)の液滴モードから液滴・液柱共存モードへの遷移膜レイノルズ数は，従来提案された遷移式を用いて概ね予測可能である，(9)銅製3次元フィン付管上におけるR134aの凝縮熱伝達率は，壁面過冷却度の増加に伴い減少し，飽和温度の上昇に伴い高くなることを明らかにした．

第4章では，R134a，R245fa，R1234ze(E)，R1234ze(Z)およびR1233zd(E)の単一水平円管上におけるプール沸騰実験を行い，それらの沸騰熱伝達特性の把握を試みた．その結果，(1)銅製平滑管上における沸騰熱伝達率は，いずれの冷媒でも熱流束の増加ならびに飽和温度の上昇に伴って高くなる，(2)同一飽和温度条件において，R1234ze(E)の沸騰熱伝達率はR134aに比して低い，(3)同一飽和温度条件において，R1234ze(Z)の沸騰熱伝達率はR245faに比して高く，R1233zd(E)の沸騰熱伝達率はR245faに比して低い，(4)銅製平滑管上における沸騰熱伝達率は従来提案されているプール沸騰熱伝達相関式を用いて精度良く予測できない，(5)銅製平滑管の沸騰熱伝達率はチタン製平滑管に比して高く，その差は熱流束の増加に伴い大きくなる，(6)チタン製平滑管上における沸騰熱伝達率は従来提案されているプール沸騰熱伝達相関式を用いて精度良く予測できない，(7)トンネル構造を有する3次元フィン付管の沸騰熱伝達特性は，表面形状，熱流束，飽和温度および冷媒の組み合わせにより大きく異なることから使用条件によりそれらを適切に選定することが重要であることを明らかにした．

第5章は，本論文の総括である．