

自然冷媒による次世代冷凍空調サイクルの包括的研究

題目

水平多連分岐管における気液二相冷媒分流特性
—入口流入条件および分配器形状が与える影響—

著者

勝田正文, 妻相哲, 尊田健介, 田部井祐介, 四栗祐馬

1. 研究目的

現在、蒸発器の小型化・高性能化のために、冷媒流路を複数に分けた多パス型構造が広く用いられるようになってきている。その中でヘッド型分配器は、構造がシンプルで低コスト・低圧損という利点があるが、各枝管への二相流冷媒の流量分配が不均一となる課題がある。そのため、均等分配を実現する分配器形状の設計および事前に分配傾向を予測するための手法の確立が求められている。以上を背景に、本研究では、流量分配特性に与える局所的形状及び入口流入条件の影響度合いの特定を目指した。

2. 研究方法

R-134aを試験流体とし、多連分岐管で流量分配された各パスの気液流量の計測を行い、相分離特性を調べた。実験装置の概略を Fig.1 に示す。

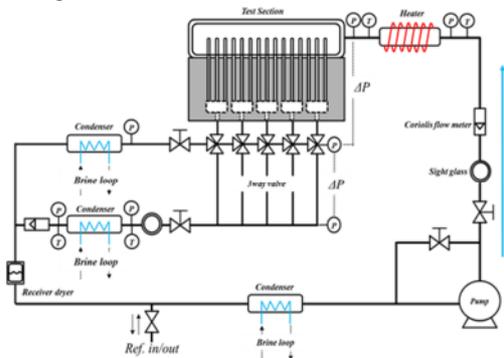


Fig.1 Schematic of Experimental Apparatus

実験条件を Table1 に示す。流入条件は車載用熱交換器実験の状態を参照して設定した。また断熱系の実験であり枝管に熱負荷はかけていない。テストセクションの設計条件は、ヘッド内径 16.4[mm]、枝管は扁平多孔管で水力直径 0.733[mm]、ピッチ 7.55[mm]間隔で 15 本接続されている。また、枝管はヘッド管内径の 50[%]の深さまで挿込まれている。また、オリフィス試験で使用したオリフィスはヘッド管との開口比を 25[%]と 6.25[%]に設定されており、第 1 枝管上流 1.5D(D:ヘッド内径)の位置に設置した。

Table 1 Experimental Condition

Working Fluid		HFC-134a	
Inlet Condition	Pressure	kPaG	400-600
	Mass Flow Rate	kg/h	30, 60
	Mass Flux	kg/m ² s	39.4, 78.9
	Quality		0.1-0.4

3. 研究成果

3.1 各条件における気液分配傾向

標準流路及びオリフィス流路における気液分配傾向を Fig.2,3 に示す。形状条件の相違を色の濃淡で示している。実験の結果、下降流において入口の絞りを強くするほど等分配に近づくことが分かった。しかし、それに伴い圧力損失が最大 2.5 倍増大し、分配性とのトレードオフ関係を確認した。また、分配性と入口流速との相関から熱交換器入口の液相最適流速が 8.0[m/s]程度であると予想された。

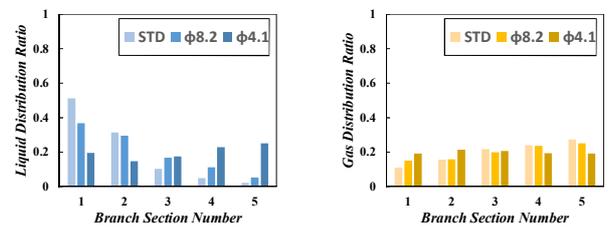


Fig.2 Flow Distribution Each Cases (M=60[kg/h], x=0.3, Downward)

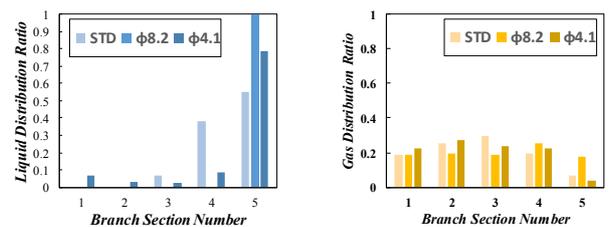


Fig.3 Flow Distribution Each Cases (M=30[kg/h], x=0.3, Upward)

上昇流においては、絞りの挿入により分配性がより悪化することが確認された。絞りによる気液混合効果は薄く、より後方に液膜が集中する結果となり、流動方向によって全く異なる様相を呈することが分かった。

3.2 流量分配予測モデル

Azzopardi の相分離モデルをベースに、修正したモデル式により流量分配予測を行った。Azzopardi モデルを式(1)に示す。また、オリフィス挿入時のモデル式(2)は標準流路結果との重回帰分析によって定式化した。モデル計算の結果、液相分配割合は概ね±20%以内に整理することができ、本モデルの有効性を示した。

$$\varphi_G = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{2\pi\varphi_L}{K(1-E)} - \sin\left(\frac{2\pi\varphi_L}{K(1-E)}\right) \right\} \quad (1)$$

$$\varphi_{L,orifice} = -0.172 + 1.035\varphi_{L,STD} + 0.300 \frac{A_{orifice}}{A_{Header}} \quad (2)$$

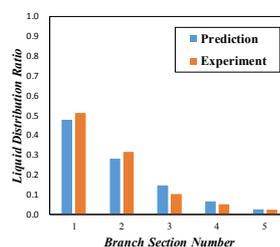


Fig.4 Prediction vs Experiment (M=60[kg/h], x=0.3, Downward-STD)

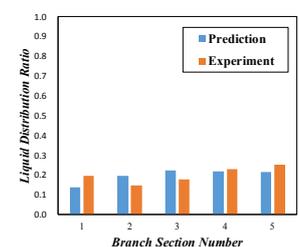


Fig.5 Prediction vs Experiment (M=60[kg/h], x=0.3, Downward-φ4.1[mm])

3.3 CFD 解析

汎用流体解析ソフト Ansys Fluent を用いて流れ解析を行った結果、実験によって観察された流動様相と解析結果は定性的に近い結果となったが、CFD ではヘッド管下流域に流体が流入し易い結果が見られ、実験値とは異なる傾向を示した。

4 学会発表

2017 年度日本冷凍空調学会年次大会 (A222)