

プレート式蒸発器の性能評価 (冷媒HFC410AおよびHFC404Aの場合)

中岡 勉¹⁾, 西田 哲也¹⁾, 津田 稔²⁾, 秋月 隆宏³⁾,
海保 健³⁾, 池上 康之⁴⁾, 上原 春男⁴⁾

Performance evaluation of a plate type evaporator
(Using HFC410A and HFC404A as refrigerant)

Tsutomu NAKAOKA, Tetsuya NISHIDA, Minoru TSUDA, Takahiro AKIZUKI,
Takeshi KAIHO, Yasuyuki IKEGAMI and Haruo UEHARA

The performance tests of a plate type evaporator using near-azeotropic binary mixtures HFC410A and HFC404A as refrigerant is carried out. An experimental study was carried out in the inlet temperature of brine range of -22.1 to 6.6°C and in the inlet temperature of refrigerant range of -27.8 to -2.6°C in case of HFC410A, and in the inlet temperature of brine range of -12.6 to 12.5°C and in the inlet temperature of refrigerant range of -18.3 to 1.8°C in case of HFC404A. An empirical correlation is proposed in order to predict the heat transfer coefficient of the brine side in a plate type evaporator. The friction factor of the brine side is obtained.

Key words : Plate type evaporator, Unused energy, Boiling heat transfer, Friction factor

1. 緒 言

現在、地球環境への影響は、オゾン層破壊や地球温暖化などがあり、深刻な問題となっている。このためには、地球環境を考えた開発が求められている。このような中で、省エネルギー化、省資源化のために、自然エネルギーを利用する1つの方法として、ヒートポンプシステムが注目されている。また、このシステムに使用されている冷媒は地球環境に優しいものが研究されている。

現在、冷媒については、地球環境に優しい冷媒として、HCFC22の代替冷媒としてHFC410AやHFC404Aが注目されている。

ヒートポンプシステムについては、圧縮式および吸収式などの研究が行われている。このヒートポンプシステムの効率を向上させるためには、このシステムの構成機器の性能向上は重要な課題となり、

ヒートポンプシステムの各構成機器について、数多くの研究が行われている。

渡邊¹⁾は、冷媒にHCFC22およびHCFC142bとの混合物を使用し、熱交換器にプレート式を用いたヒートポンプを製作し、混合冷媒のプレート式熱交換器における熱伝達特性およびヒートポンプの特性について示している。

櫻場²⁾は、冷媒にHFC407Cを使用し、熱交換器にプレート式を用いたヒートポンプの実験を行い、ヒートポンプの高性能化について示している。

上原³⁾は、冷媒にCFC113およびCFC114を使用して、プレート式凝縮器のフルートのピッチ、深さが異なる4種類の矩形のフルート面を持つプレートを用いて実験を行い、フルートの形状を考慮した凝縮熱伝達係数の経験式を示している。また、上原⁴⁾は、プレート式凝縮器の性能を向上させるためには、冷却水側の熱伝達係数を向上させると共に、冷却水側の圧力損失を減少させる必要があることを示し、冷却水側の熱伝達係数と圧力損失の経験式を提案している。

原稿受付 平成12年1月31日

1) 水産大学校 海洋機械工学科 (〒769-6596 下関市永田本町 2-7-1)

2) 水産大学校 練習船 影洋丸 (" ")

3) 水産大学校 水産学研究所 (" ")

4) 佐賀大学理工学部付属海洋エネルギー実験施設

(〒840-8502 佐賀市本庄町 1)

本研究は、自然エネルギー(海洋熱)を利用するヒートポンプシステムの効率化をはかるために、このシステムの構成機器の1つであるプレート式蒸発器の性能について実験を行った。冷媒は、新しい混合冷媒HFC410AとHFC404Aを使用した。また、前報⁹⁾の冷媒がHCFC22の場合と比較を行った。

2. 記号

A	: 伝熱面積, (m ²)
C _p	: 定圧比熱, (kJ/(kg·K))
D	: 奥行き, (m)
D _{eq}	: 相当直径, (m)
f _p	: 圧力係数, (-)
f _c	: 起泡度, (-)
g	: 重力加速度, (m/s ²)
h	: エンタルピー, (kJ/kg), 熱伝達係数, (W/(m ² ·K)), 深さ, (m), 高さ, (m)
k	: 熱伝導率, (W/(m·K))
L	: 潜熱, (kJ/kg)
l	: プレート伝熱面の長さ, (m)
m	: 質量流量, (kg/h)
n	: 回転数, (rpm)
Nu	: ヌッセルト数, (-)
p	: ピッチ, (m)
P	: 圧力, (Pa)
ΔP	: 圧力損失, (m)
Pr	: プラントル数, (-)
q	: 熱流束, (W/m ²)
Q	: 熱流量, (W)
Re	: レイノルズ数, (-)
t	: プレート伝熱面の厚さ, (m)
T	: 温度, (°C)
ΔT _m	: 対数平均温度差, (K)
ΔT _{sat}	: 過熱度, (K)
U	: 熱通過係数, (W/(m ² ·K))
v	: 流速, (m/s)
w	: プレート伝熱面の幅, (m)
X	: 無次元数, (-), 式(14)
y	: 濃度, (wt%)
Y	: 無次元数, (-), 式(12)
δ	: プレート伝熱面の間隔, (m)
μ	: 粘性係数, (Pa·s)
ν	: 動粘性係数, (m ² /s)
ρ	: 密度, (kg/m ³)
σ	: 表面張力, (N/m)

派字

a	: 大気
B	: ブライン
C	: 臨界
CP	: 圧縮機
D	: 露点
exp	: 実験
E	: 蒸発器
G	: ガス
I	: 入口
L	: 液体
m	: 平均
O	: 出口
R	: 冷媒
V	: 蒸気
W	: 壁面

3. 実験装置および実験方法

3.1 実験装置

図1は、プレート式蒸発器の実験装置のフロー線図を示す(図1中の破線内)。

実験は、自然エネルギー(海洋熱)を利用することを目的としているが、まず第1段階として熱源に、温水、冷水を使用して行った。

実験装置の主な構成機器は、プレート式蒸発器、圧縮機、セパレーター、プレート式凝縮器、レシーバータンク、ドライヤー、液-ガス熱交換器、膨張弁から構成されている。

温熱源は、ボイラー、温水-ブライン熱交換器、エチレングリコール(ブライン)タンク、ブライン循環ポンプで構成されている。

冷熱源は、冷凍機、冷却水タンク、冷却水循環ポンプから構成されている。

冷媒は、圧縮機で圧縮された後、セパレーターで蒸気と液体とに分離される。液は圧縮機に戻り再循環される。蒸気はプレート式凝縮器へ入る。ここで予め冷凍機で冷やされた冷却水と熱交換し凝縮する。その後、レシーバータンク、ドライヤー、液-ガス熱交換器を通り膨張弁に入る。そして、プレート式蒸発器に入る。ここで、ブラインと熱交換し蒸発して圧縮機に戻る。一方、ブラインは、温水ボイラーによって加熱される。

図2は、プレート式蒸発器の外観の写真を示す。

図3は、プレート式蒸発器の寸法を示す。

プレート式蒸発器は、長さlが617mm、幅wが192mm、奥行きDが200mmのプレージングプレート式熱交換器である。

図4(a)(b)は、プレート伝熱面の写真を示す。

図4(a)は冷媒側、(b)はブライン側の伝熱面である。プレート伝熱面の形状はヘリングボーンとなっている。

表1に、プレート式蒸発器の仕様を示す。

プレート伝熱面の有効長さ l が531mm、プレート伝熱面の有効幅 w が179mm、プレート厚さ t は0.4mm、プレート間の間隙 δ (最小~最大)は2.5~5.0mm、フルートの深さ h は2.5mm、フルートピッチ p は8.8mm、フルートの傾斜角度は 35° である。有効なプレート枚数は48枚、有効な総伝熱面積は 4.56m^2 、プレート材質はSUS316である。ここで、プレート伝熱面の有効長さ l 、有効幅 w は、伝熱面形状のヘリングボーンを考慮して算出したものである。また、相当直径は 2δ ($=2 \times 2.5\text{mm}$)を使用した。

実験は、まず温冷熱源の冷却水循環ポンプ、クーリングタワー循環ポンプ、冷凍機の順に作動する。そして、温水ボイラーを起動する。次に、システム側を運転する。初めに冷却水循環ポンプ、ブライン循環ポンプが運転され、その後、圧縮機が運転され膨脹弁が開き冷媒が循環する。



図2 プレート式蒸発器の外観の写真

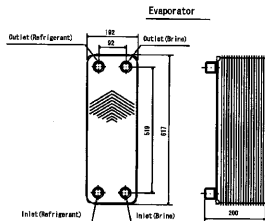
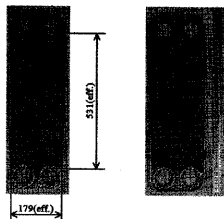


図3 プレート式蒸発器の寸法



(a) Refrigerant side

(b) Brine side

図4 プレート伝熱面の写真

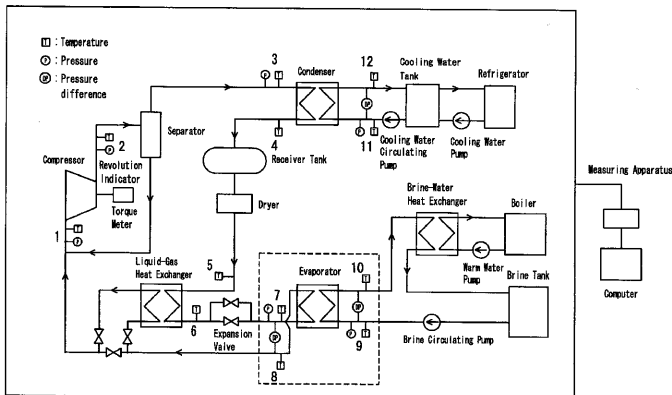


図1 実験装置のフロー線図

表1 プレート式蒸発器の仕様

Evaporator	
Length of plate (effective) l [mm]	617 (531)
Width of plate (effective) w [mm]	192 (179)
Thickness of plate t [mm]	0.4
Clearance of plate δ [mm]	2.5 (min), 5.0 (max)
Equivalent diameter D_{eq} [m]	0.005 (=2x2.5mm)
Number of plate (effective) [-]	50 (48)
Plate area (effective) A [m ²]	4.75 (4.56)
Depth of fluted h [mm]	2.5
Pitch of fluted p [mm]	8.8
Angle of fluted [°]	35
Material of plate	SUS 316

ブライン入口温度と冷却水入口温度の設定は、システムの制御盤の温度設定器で行った。

実験データの測定は、ブライン入口温度と冷却水入口温度および各所の定常状態を確認後行った。

測定箇所は、システム、熱源の圧力、温度、流量である。この各測定機器の形式、精度については以下に示す。

圧力測定は、システム側では、歪みゲージ式圧力変換器 (PGS-10KA, 圧力: 9.8×10^4 Pa用, 精度: $\pm 0.5\%$ 以内), (PGS-50KA, 圧力: 4.9×10^4 Pa用, 精度: $\pm 0.5\%$ 以内))で行った。熱源側の冷却水、ブライン側は、それぞれ歪みゲージ式圧力変換器 (PGM-2RC, 圧力: 2.0×10^4 Pa用, 精度: $\pm 0.2\%$ 以内)で行った。

差圧測定は、プレート式蒸発器の冷媒側では、差圧変換器 (PD-1KA, 圧力: 9.8×10^4 Pa用, 精度: $\pm 0.03\%$ 以内)で行った。プレート式蒸発器のブライン側では、差圧変換器 (PD-1KA, 圧力: 9.8×10^4 Pa用, 精度: $\pm 0.03\%$ 以内)で行った。

温度測定は、ステンレス製サーミスタ (JPI 100 Ω (JIS-C1604-1989))を用い、システム側では8箇所、熱源側では、それぞれ4箇所で行った。

流量測定は、電磁流量計 (精度: $\pm 0.5\%$ 以内)を用い、それぞれ、冷却水、ブラインの流量を測定した。冷媒の流量測定は、冷媒用流量計 (精度: $\pm 0.08\%$ 以内)を用いて行った。

各測定値は、データロガー (UCAM-10B) とスキャナ (USB-51A) で集録し、温度は抵抗-電圧変換器を介し、プログラマブルペンレコーダ (HR-3324) で集録し、GP-1Bインターフェースを通してパーソナルコンピュータ (PC-9801FA) で処理を行った。

3.2 実験方法

表2は、実験条件を示す。

実験は、冷媒がHFC410Aの場合、ブラインの入口湿度は $-22.1 \sim -6.6^\circ\text{C}$ 、冷媒の入口湿度は $-27.8 \sim -2.6^\circ\text{C}$ 、冷媒の入口圧力は $0.26 \sim 0.69\text{MPa}$ 、ブラインの質量流量は $0.68 \times 10^4 \sim 1.61 \times 10^4 \text{kg/h}$ 、ブライン濃度は $68.0 \sim 71.0\%$ の範囲で行った。

冷媒がHFC404Aの場合、ブラインの入口湿度は $-12.6 \sim -12.5^\circ\text{C}$ 、冷媒の入口湿度は $-18.3 \sim -1.8^\circ\text{C}$ 、冷媒の入口圧力は $0.30 \sim 0.61\text{MPa}$ 、ブラインの質量流量は $0.55 \times 10^4 \sim 1.61 \times 10^4 \text{kg/h}$ 、ブライン濃度は $68.0 \sim 70.0\%$ の範囲で行った。比較のために、冷媒がHCFC22²⁾の条件も示す。

冷媒のHFC410AとHFC404Aの物性値は、文献[6]を使用した。また、ブラインの物性値は、文献[7]を使用した。

なお、冷媒がHCFC22のデータについては、本報の方法で再整理を行った。

4. 実験結果および考察

4.1 交換熱量とヒートバランス

エチレングリコール(ブライン)側の交換熱量 Q_{EB} は、次式より求めた。

$$Q_{EB} = m_{EB} c_{pEB} (T_{EB1} - T_{EB0}) \quad (1)$$

ここで、 m_{EB} はブラインの質量流量である。 c_{pEB} はブラインの定圧比熱である。 T_{EB1} 、 T_{EB0} はブラインの入口、出口温度である。

冷媒側の交換熱量 Q_{EB} は、次式より求めた。

$$Q_{EB} = m_h (h_{EB0} - h_{EB1}) \quad (2)$$

ここで、 m_h は冷媒の質量流量である。 h_{EB1} 、 h_{EB0} は冷媒の入口、出口のエンタルピである。

図5は、ブライン側の交換熱量 Q_{EB} と冷媒側の交換熱量 Q_{EB} のヒートバランスを示す。縦軸はブライン側の交換熱量(式(1))をとり、横軸は冷媒側の交換熱量(式(2))である。図5より、冷媒がHFC410Aの場合、ヒートバランスは約 $\pm 30\%$ である。また、冷媒がHFC404Aの場合、ヒートバランスは約 $\pm 30\%$ である。

表2 実験条件

Refrigerant		HFC410A	HFC404A	HCFC22
Evaporator	Inlet temperature (brine) T_{EBI} (°C)	-22.1~6.6	-12.6~12.5	-12.6~11.8
	" (refrigerant) T_{ERI} (°C)	-27.8~-2.6	-18.3~1.8	-17.1~2.5
	Inlet pressure P_{EBI} (MPa)	0.26~0.69	0.30~0.61	0.25~0.51
	Mass flow rate (brine) m_{EB} (kg/h)	$0.68 \times 10^4 \sim 1.61 \times 10^4$	$0.55 \times 10^4 \sim 1.61 \times 10^4$	$1.33 \times 10^4 \sim 1.53 \times 10^4$
	Concentration (brine) y_B (wt%)	68.0~71.0	68.0~70.0	66.0~71.0
Condenser	Inlet temperature (cooling water) T_{ECI} (°C)	21.0~29.5	21.0~32.1	21.3~35.0
	" (refrigerant) T_{ERI} (°C)	51.2~87.6	51.1~65.5	58.4~85.5
	Inlet pressure P_{ECI} (MPa)	1.50~2.10	1.20~1.70	0.96~1.49
	Mass flow rate (cooling water) m_{EC} (kg/h)	$0.65 \times 10^4 \sim 1.38 \times 10^4$	$0.83 \times 10^4 \sim 1.23 \times 10^4$	$0.98 \times 10^4 \sim 1.23 \times 10^4$
	Inlet temperature T_{CFI} (°C)	-20.0~24.6	8.9~29.9	9.6~27.7
Compressor	Inlet pressure P_{CFI} (MPa)	0.27~0.69	0.30~0.61	0.25~0.51
	Outlet pressure P_{CFO} (MPa)	1.51~2.11	1.21~1.72	0.97~1.50
	Mass flow rate (refrigerant) m_c (kg/h)	162.0~660.0	294.0~825.0	195.0~600.0
	Number of revolution n (rpm)	963~975	963~975	975~988
	Torque T_{TS} (N·m)	4.7~8.9	4.9~7.4	4.2~6.8
Liquid-gas heat exchanger	Inlet temperature (Liquid side) T_{LEI} (°C)	23.6~37.0	23.8~37.2	23.6~39.4
	" (gas side) T_{LEO} (°C)	-23.4~-3.7	-14.1~8.4	-14.1~8.2
	Inlet pressure (Liquid side) P_{LEI} (MPa)	1.50~2.10	1.20~1.71	0.96~1.49
	" (gas side) P_{LEO} (MPa)	0.26~0.70	0.30~0.62	0.25~0.51

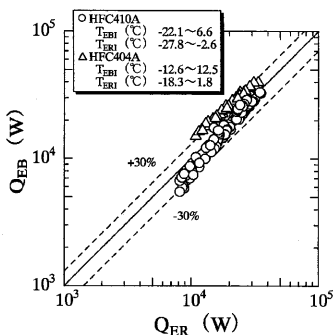


図5 ヒートバランス

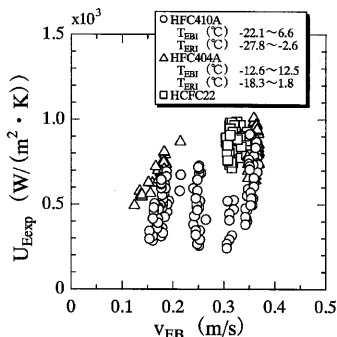


図6 熱通過係数

4.2 熱通過係数

熱通過係数 U_{exp} は、次式より求めた。

$$U_{exp} = Q_{EB} / (A_p \cdot \Delta T_m) \quad (3)$$

ここで、 Q_{EB} はブライン側の交換熱量である。 A_p はプレート式蒸発器の総伝熱面積である。 ΔT_m は、次式で算出した対数平均温度差である。

$$\Delta T_m = \{ (T_{EBI} - T_{LEO}) - (T_{LEI} - T_{ERO}) \} / \ln \{ (T_{EBI} - T_{LEO}) / (T_{LEI} - T_{ERO}) \} \quad (4)$$

ここで、 T_{EBI} は冷媒の入口温度、 T_{ERO} は冷媒の出口圧力から求めた露点温度である。 T_{LEI} 、 T_{LEO} はブラインの入口、出口温度である。

図6は、熱通過係数 U_{exp} とブラインの流速 v_{EB} の関係を示す。図6中の○印は冷媒がHFC410A、△印はHFC404Aである。比較のために、□印はHCFC22の場合を示す。

図6よりわかるように、熱通過係数は、ブライン流速が速くなると大きくなる。冷媒がHFC410Aの場合、熱通過係数は、ブラインの流速が0.15~0.37m/sの範囲で $0.24 \times 10^3 \sim 0.91 \times 10^3$ W/(m²·K) である。

冷媒がHFC404Aの場合、熱通過係数は、ブラインの流速が0.12~0.37m/sの範囲で $0.49 \times 10^3 \sim 1.01 \times 10^3$ W/(m²·K) である。

冷媒がHCFC22の場合、熱通過係数は、ブラインの流速が0.30~0.35m/sの範囲で $0.71 \times 10^3 \sim 0.98 \times 10^3$ W/(m²·K) である。

4.3 ブライン側の熱伝達係数

図7は、ブライン側の熱伝達係数 h_{EB} を見積るためのウィルソンプロット法による $1/U_{Exp}$ と $v_{EB}^{-0.8}$ を示す。横軸の v_{EB} の指数-0.8は文献[4]を参照して決定したものである。図7中の○, △, □の印のデータは、熱流束がそれぞれ $q=2639\sim 3171\text{W/m}^2$, $q=3665\sim 4624\text{W/m}^2$, $q=5684\sim 6152\text{W/m}^2$ の場合である。

図7より、□印($q=5684\sim 6152\text{W/m}^2$)の場合、縦軸 y を $1/U_{Exp}$ 、横軸 x を $1/v_{EB}^{0.8}$ とおくと、図中の実線は次式で表される。

$$y = ax + b \quad (5)$$

ここで、 a は図7中の傾きから計算できる。 b は切片である。

式(5)に x , y を代入する。

$$1/h_{EB} = a/v_{EB}^{0.8} \quad (6)$$

$$h_{EB} = v_{EB}^{0.8}/a \quad (7)$$

図7中の□印の傾きより、傾き a は 1.39×10^4 となる。これより、ブライン側の熱伝達係数 h_{EB} は、次式で表される。

$$h_{EB} = 7215 v_{EB}^{0.8} \quad (8)$$

次に、式(8)を変形し、物性値を代入すると、次式が得られる。

$$Nu_{EB} = 0.176 Re_{EB}^{0.8} Pr_{EB}^{1/3} \quad (9)$$

また、○印($q=2639\sim 3171\text{W/m}^2$)、△印($q=3665\sim 4624\text{W/m}^2$)の場合も同様な傾きになる。

以上、ブライン側の熱伝達係数は、プレート式凝縮器の冷却水側の熱伝達係数と比べると大きくなる。これは、エチレングリコール(ブライン)の粘性係数が水に比べて約4~5倍大きくなるためと考えられる。また、粘性係数が大きい流体を使用する場合については、さらに検討する必要がある。

4.4 冷媒側の熱伝達係数

冷媒側の熱伝達係数 h_{RB} は、次式より求めた。

$$1/h_{RB} = 1/U_{Exp} - (1/h_{EB} + t/k_p) \quad (10)$$

ここで、 U_{Exp} は測定値(式(3))、 h_{EB} は式(9)より求められるブライン側の熱伝達係数、 t はプレート伝熱面の厚さ、 k_p は伝熱面の熱伝導率である。

4.4.1 熱流束と過熱度

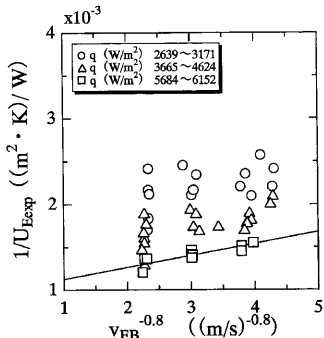


図7 ブライン側の熱伝達係数

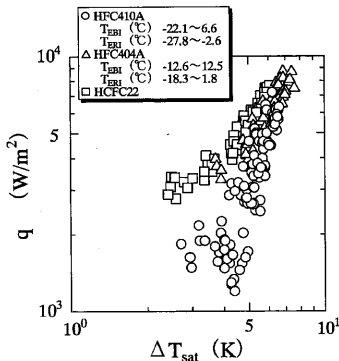


図8 熱流束と過熱度

図8は、熱流束 q と過熱度 ΔT_{sat} の関係を示す。図8中の○印は冷媒がHFC410A、△印はHFC404Aである。比較のために、□印はHCFC22の場合を示す。ここで、過熱度は、冷媒の入口、出口温度の平均温度と壁面温度との差($T_{EB} - T_{RB}$)である。

図8よりわかるように、過熱度が大きくなると、熱流束は大きくなる。冷媒がHFC410Aの場合の過熱度の増加に対する熱流束の増加の割合と、冷媒がHFC404AとHCFC22の増加割合は異なっている。

図8中の○印の冷媒がHFC410Aの場合、過熱度が約6Kの時、熱流束

は約 $4.5 \times 10^3 \sim 6.4 \times 10^3 \text{ W/m}^2$ である。

4.4.2 熱伝達係数と熱流束

図9は、熱伝達係数 h_{ER} と熱流束 q の関係を示す。図9中の○印は冷媒がHFC410A、△印はHFC404Aである。比較のために、□印はHCFC22の場合を示す。図9よりわかるように、各冷媒とも熱流束が大きくなると、熱伝達係数は大きくなる。

冷媒がHFC410Aの場合、熱流束が約 $2.2 \times 10^3 \text{ W/m}^2$ 以下の熱伝達係数の増加割合と、約 $2.2 \times 10^3 \text{ W/m}^2$ 以上の増加割合とは違っている。これは、熱流束が約 $2.2 \times 10^3 \text{ W/m}^2$ を境に蒸発現象が異なっているものと考えられる。

熱流束が約 $6.4 \times 10^3 \text{ W/m}^2$ の時、熱伝達係数は約 $1.1 \times 10^4 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ となる。

冷媒がHFC404Aの場合、熱流束が増加すると、熱伝達係数は増加している。

冷媒がHCFC22の場合、熱流束が増加すると、熱伝達係数は一定で、その後増加している。

4.4.3 熱伝達係数と過熱度

図10は、熱伝達係数 h_{ER} と過熱度 ΔT_{sat} の関係を示す。図10中の○印は冷媒がHFC410A、△印はHFC404Aである。比較のために、□印はHCFC22の場合を示す。

冷媒がHFC410Aの場合、過熱度が大きくなると、熱伝達係数は大きくなる。これは、冷媒がHFC404Aの場合も同様である。

冷媒がHCFC22の場合、過熱度が大きくなると、熱伝達係数は一定である。

4.5 従来の経験式との比較

図11は、次に示す西川ら⁹⁾のプール膜沸騰熱伝達係数の式との比較を示す。

$$Y = 8.0 [f_c f_p X]^{1/3} \quad (11)$$

ここで、

$$Y = h_{ER} (D_{eq})_{ER} / k_f \quad (12)$$

$$f_p = (P / P_0)^{3.7} (1.0 + 3.0(P / P_0)^{3.7}) \quad (13)$$

$$X = [c_{p1} \rho_1^2 g / P_0 M^2 k_f \sigma L \rho_0]^{1/2} (D_{eq})_{ER}^{3/2} q \quad (14)$$

$$P_0 = 1.976 [\text{W}], M = 900 [\text{m}^{-1}] \quad (15)$$

図11中の○印は冷媒がHFC410A、△印がHFC404A、比較のために、□印がHCFC22の場合を示す。また、▽、◇印は、前報⁹⁾の冷媒が NH_3 とHCFC22の場合である。図11中の一点鎖線は西川らの経験式(式(11))

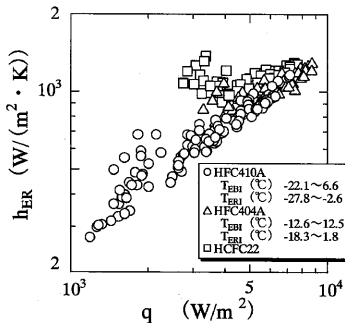


図9 熱伝達係数と熱流束

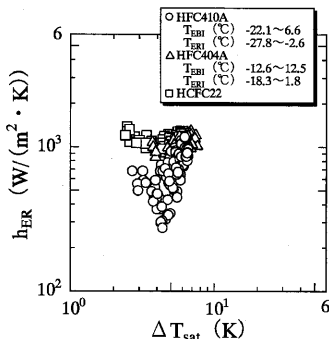


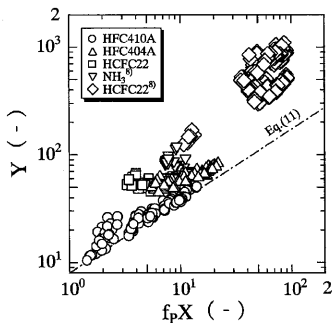
図10 熱伝達係数と過熱度

($f_c = 1.0$)である。

図11よりわかるように、冷媒がHFC410Aの場合、 $f_p X$ が増加すると縦軸の Y も大きくなる。西川らの経験式が $f_p X = 10$ の時、約1.1倍大きくなる。また、冷媒がHFC404Aの場合は、約1.5~1.7倍大きくなる。

4.6 圧力損失

プレート式蒸発器の性能を向上させるには、ブライン側、冷媒側の熱伝達係数を向上させると同時に、圧力損失を減少させることが重要である。

図11 $Y \sim f_p X$

ブライン側の圧力損失 ΔP_{EB} は、次式より求めた。

$$\Delta P_{EB} = (P_{EB1} - P_{EB2}) / (\rho_{EB} g) - h \quad (16)$$

ここで、 P_{EB1} 、 P_{EB2} は、それぞれ、ブラインの入口、出口圧力、 ρ_{EB} はブラインの密度、 g は重力加速度、 h はプレート式蒸発器のブライン側の入口、出口間の高さである。 h の測定値は、519mmである。

図12は、ブライン側の圧力損失 ΔP_{EB} とブライン流速 v_{EB} の関係を示したものである。図12中の○印はブライン入口温度が $-22.1 \sim -21.5^\circ\text{C}$ 、 Δ 印は $-21.4 \sim -19.3^\circ\text{C}$ 、□印は $-13.2 \sim -12.6^\circ\text{C}$ 、 ∇ 印は $-8.4 \sim -3.4^\circ\text{C}$ 、◇印は $1.3 \sim 1.8^\circ\text{C}$ である。図12よりわかるように、ブライン流速が速くなると、圧力損失は大きくなる。また、ブライン入口温度が低くなると、圧力損失は大きくなる。これは、エチレングリコール(ブライン)の粘性係数が温度によって変化しているためと考えられる。

図12より、○印のブライン入口温度が $-22.1 \sim -21.5^\circ\text{C}$ の場合、圧力損失 ΔP_{EB} とブライン流速 v_{EB} との関係は次式で表される。

$$\Delta P_{EB} = 0.36 \times 10^4 v_{EB}^{1.4} \quad (17)$$

ブライン側の摩擦係数 λ_{EB} は、次式より求めた。

$$\lambda_{EB} = \Delta P_{EB} / \{ (v_{EB}^2 / 2g) (1 / (D_{eq})_{EB}) \} \quad (18)$$

ここで、 1 はプレート伝熱面の有効長さ、 $(D_{eq})_{EB}$ はブライン側の相当直径である。

図13は、ブライン側の摩擦係数 λ_{EB} とレイノルズ数 Re_{EB} の関係を示す。図13より、ブライン側の摩擦係数 λ_{EB} は、レイノルズ数 Re_{EB} が大

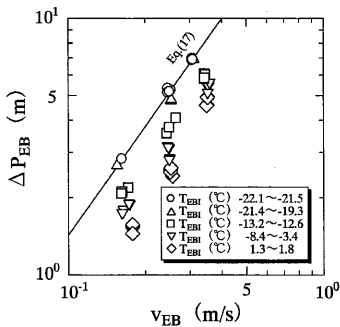


図12 圧力損失

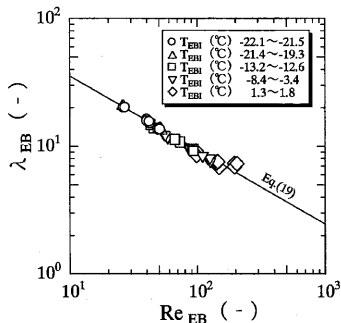


図13 摩擦係数

きくなると小さくなる。摩擦係数は、レイノルズ数が $2.60 \times 10^1 \sim 2.04 \times 10^2$ の範囲で $6.84 \sim 2.05 \times 10^1$ となる。

図13より、次式が得られた。

$$\lambda_{EB} = 1.35 \times 10^4 Re_{EB}^{-0.54} \quad (19)$$

前報⁹⁾の場合、摩擦係数は、レイノルズ数が $3.5 \times 10^1 \sim 1.3 \times 10^2$ の範囲で $0.25 \sim 0.61$ となっている。このプレート伝熱面の場合、前報⁹⁾と比較すると、レイノルズ数の範囲は違うが相当大きくなる。このことにより、プレート伝熱面形状については、さらに検討が必要である。

5. 結 論

自然エネルギーを利用するヒートポンプシステムの効率化をはかるために、このシステムの構成機器の1つであるプレート式蒸発器の性能について実験を行った。冷媒は、新しい混合冷媒のHFC410AとHFC404Aを用いた。また、冷媒がHCFC22の場合と比較を行った。以下の結果を得た。

- (1) 冷媒がHFC410Aの場合の熱透過係数 U_{exp} は、ブラインの流速 v_{B} が $0.15 \sim 0.37 \text{ m/s}$ の範囲で、 $0.24 \times 10^3 \sim 0.91 \times 10^3 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ となる。
- (2) 冷媒がHFC404Aの場合の熱透過係数 U_{exp} は、ブラインの流速 v_{B} が $0.12 \sim 0.37 \text{ m/s}$ の範囲で、 $0.49 \times 10^3 \sim 1.01 \times 10^3 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ となる。
- (3) ブライン側の熱伝達係数 h_{B} は、式(9)が得られた。
- (4) ブライン入口温度が $22.1 \sim 21.5^\circ\text{C}$ の場合、圧力損失とブライン流速の関係は、式(17)が得られた。
- (5) ブライン側の摩擦係数は、式(19)が得られた。

文 献

- (1) 渡邊激雄, 志村欣一: 第30回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (1993), 625
- (2) 櫻場一郎, 渡邊激雄: 第35回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (1998), 853
- (3) 上原春男・ほか2名: 冷凍, 58, (673), (1983), 1
- (4) 上原春男・ほか2名: 冷凍, 59, (675), (1984), 3
- (5) 中岡 勉・ほか4名: OTEC, 7, (1998), 11
- (6) J. Sauerwein, M. O. McLinden: National Institute of Standards and Technology, REFPROP Ver. 6, (1998)
- (7) 日曹丸善ケミカル(株): ナイブライン技術資料, (1994), 8
- (8) 中岡 勉, 上原春男: OTEC, 1, (1), (1986), 1
- (9) 西川兼康・ほか3名: 伝熱工学の進展2, 養賢堂, 東京, (1974), 79

付表1に、実験データを示す。

付表1 実験一夕

Run No.	Refrigerant	Evaporator											No. 1							
		T _{Ev} (°C)	T _{Bo} (°C)	T _{Hi} (°C)	T _{Lo} (°C)	T _{Ev} (°C)	T _{Bo} (°C)	T _{Hi} (°C)	T _{Lo} (°C)	ΔT _{sat} (°C)	ΔT _{ev} (°C)	T _{Ev} (°C)								
735	HCFC10A	1.7	-0.5	-6.9	-1.0	-0.8	-1.0	-0.8	7.4	5.9	6.7	-6.9	593.6	599.5	579.0	1590.9	6436.2	4508.5	1710.2	46.6
737		-8.1	-4.8	-10.7	-5.1	-5.2	-5.4	-5.3	6.7	5.3	6.7	-10.7	517.1	523.0	488.0	1602.16	5181.1	4053.2	978.0	40.6
739		-8.2	-9.6	-14.9	-9.9	-9.7	-9.8	-9.8	5.1	5.9	-14.9	441.6	446.5	396.0	15224.2	4624.2	6006.1	920.6	37.4	
744		-12.7	-13.8	-18.7	-14.1	-14.3	-14.3	-14.4	4.3	5.4	-18.7	379.8	385.7	324.0	15269.7	3171.2	3068.8	743.5	29.6	
745		-19.3	-20.1	-23.8	-20.2	-20.6	-20.6	-20.6	3.2	4.1	-23.8	309.1	314.0	234.0	14076.5	1712.5	2436.8	679.5	26.4	
750		-21.8	-22.5	-25.7	-22.6	-23.0	-23.0	-23.0	2.7	3.6	-25.7	284.6	289.5	186.0	13644.5	1832.8	2292.0	678.8	26.2	
753		-19.5	-20.3	-23.9	-20.4	-20.7	-20.7	-20.7	3.2	4.0	-23.9	307.2	312.1	216.0	14077.9	1878.6	2423.5	587.0	22.8	
754		-13.1	-14.1	-18.8	-14.4	-14.5	-14.4	-14.5	4.2	5.2	-18.8	377.8	382.7	297.0	15228.2	2860.1	3037.4	679.1	27.1	
759		-8.2	-9.4	-14.8	-9.8	-9.9	-9.9	-9.9	4.8	5.9	-14.8	441.6	446.5	381.0	15773.3	3690.7	3530.9	773.3	31.4	
762		1.8	-0.2	-6.6	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	7.4	6.6	-6.6	588.5	605.3	573.0	15824.6	6135.4	4506.8	1047.2	44.3	
763		6.5	4.1	-2.7	3.5	3.8	3.6	3.6	7.9	6.3	-2.7	686.7	693.6	680.0	15466.1	7125.3	4819.2	1145.1	49.5	
767		-3.0	-4.7	-10.6	-5.1	-5.1	-5.2	-5.4	6.7	10.6	-10.6	518.2	524.1	477.0	16064.5	4983.2	4070.8	830.8	38.6	
770		-21.5	-22.2	-25.5	-22.2	-22.5	-22.5	-22.5	3.0	3.7	-25.5	287.8	292.7	189.0	13730.0	1621.6	2331.4	551.9	21.3	
773		-3.1	-4.7	-10.7	-5.1	-5.1	-5.3	-5.4	6.7	10.7	-10.7	516.2	522.1	471.0	16097.6	4901.5	4070.7	814.1	37.9	
776		-3.0	-4.5	-10.5	-4.8	-4.9	-4.9	-4.9	5.5	6.7	-10.5	518.1	524.0	456.0	16063.6	4619.5	4083.2	842.9	35.0	
778		-21.4	-22.0	-25.4	-22.0	-22.4	-22.4	-22.4	3.0	3.6	-25.4	290.6	295.5	177.0	13729.3	1472.3	2340.0	495.8	19.1	
782		6.6	4.2	-2.6	3.7	3.9	3.7	3.7	6.3	7.9	-2.6	689.8	695.7	657.0	15346.2	7190.0	4799.4	1159.9	50.2	
785		-3.6	-5.1	-11.3	-5.5	-5.5	-5.6	-5.7	7.0	11.3	504.5	510.4	444.0	15775.2	4541.1	3815.4	800.3	33.1		
794		-12.7	-13.7	-19.0	-13.9	-14.1	-14.2	-14.2	4.8	5.8	-19.0	377.8	382.7	294.0	15258.1	2695.7	2956.2	557.3	22.2	
802		-3.4	-4.9	-11.6	-5.4	-5.3	-5.4	-5.4	6.1	7.4	-11.6	497.8	502.7	444.0	15808.5	4463.4	3840.7	730.3	30.2	
804		1.7	-0.2	-7.1	-0.7	-0.6	-0.7	-0.6	7.8	6.3	-7.1	554.7	559.7	543.0	15369.4	5605.3	4239.4	891.4	37.7	
809		-7.9	-9.1	-15.4	-9.5	-9.5	-9.6	-9.6	6.9	8.9	-15.4	432.0	436.9	354.0	15673.5	3397.2	3411.1	586.3	23.8	
812		-12.9	-13.8	-19.6	-14.2	-14.2	-14.2	-14.2	5.3	6.2	-19.6	385.3	370.3	273.0	15259.1	2489.2	2945.3	467.5	18.6	
815		-20.0	-20.7	-25.2	-20.7	-21.0	-21.0	-21.0	4.2	4.9	-25.2	291.0	293.9	180.0	13990.6	1539.5	2366.6	386.7	14.2	
816		1.6	-0.4	-7.4	-0.9	-0.8	-0.9	-0.9	6.5	7.9	-7.4	579.1	584.0	546.0	15896.5	5811.9	4300.2	904.2	38.1	
821		1.5	-1.6	-8.5	-2.1	-2.0	-2.2	-2.2	6.3	8.3	-8.5	553.6	559.5	519.0	14680.0	5586.0	2830.3	902.6	37.9	
824		-3.1	-5.7	-12.3	-6.1	-6.2	-6.3	-6.3	6.0	7.8	-12.3	483.1	488.0	426.0	14002.2	4486.6	2517.4	782.9	31.4	
826		-8.2	-10.5	-16.4	-10.8	-11.1	-11.2	-11.2	5.2	7.1	-16.4	412.5	417.4	342.0	8473.1	3650.0	2039.6	706.5	28.5	
829		-13.0	-14.8	-20.2	-14.8	-15.5	-15.5	-15.5	4.7	6.3	-20.2	365.0	360.2	273.0	8370.0	2850.0	1795.4	617.8	24.4	
832		-19.9	-21.2	-25.9	-21.3	-21.8	-21.8	-21.8	4.0	5.3	-25.9	282.8	286.8	186.0	7945.2	1905.1	1495.4	477.0	18.4	
835		-21.3	-22.5	-27.0	-22.6	-23.1	-23.2	-23.2	3.8	5.1	-27.0	270.9	273.9	183.0	7862.9	1683.6	1411.0	444.3	17.0	
839		-19.3	-20.6	-25.5	-20.8	-21.2	-21.3	-21.3	4.2	5.5	-25.5	288.6	289.6	165.0	7845.6	1625.3	1491.9	398.6	15.3	
842		-12.9	-14.7	-20.3	-15.1	-15.4	-15.4	-15.4	6.5	6.5	-20.3	355.3	360.2	261.0	8129.0	2753.5	1757.7	588.5	22.5	
844		-8.4	-10.6	-16.5	-10.9	-11.2	-11.3	-11.3	5.2	6.9	-16.5	414.1	419.0	333.0	8353.5	3458.8	2009.0	674.4	27.2	
847		-3.4	-6.3	-12.8	-6.8	-6.8	-6.9	-6.9	7.8	7.8	-12.8	475.5	480.4	417.0	8044.4	4424.9	2239.2	769.1	31.6	
852		-3.6	-6.4	-12.8	-6.8	-6.8	-6.9	-6.9	7.7	7.7	-12.8	475.6	480.5	405.0	8044.9	4333.2	2230.7	788.1	31.5	

Run No.	Refrigerant	Evaporator													No. 2								
		T _{DB} (°C)	T _{SB} (°C)	T _{FEI} (°C)	T _{SH} (°C)	T _{SH} (°C)	T _{SH} (°C)	T _{SH} (°C)	T _{SH} (°C)	T _{SH} (°C)	T _{SH} (°C)	T _{SH} (°C)	T _{SH} (°C)	T _{SH} (°C)		ΔT _{sat} (°C)	ΔT _{FEI} (°C)	T _{SH} (°C)	P _{FEI} (kPa)	P _{SH} (kPa)	ṁ _g (kg/h)	ṁ _g (kg/h)	q _g (W/m ²)
856	RFC410A	1.6	-1.9	-8.8	-2.4	-2.2	-2.4	8.5	6.4	8.5	-2.4	-2.4	-2.4	6.4	8.5	-6.8	554.7	559.6	498.0	8070.9	2533.2	836.9	35.1
858		-8.4	-10.8	-16.6	-11.0	-11.3	-11.4	-11.3	6.9	5.2	6.9	-11.3	-11.3	5.2	6.9	-16.6	416.5	416.5	327.0	7974.1	1988.1	685.6	27.6
863		-8.0	-10.5	-16.5	-10.8	-11.2	-11.2	-11.2	7.1	5.2	7.1	-11.2	-11.2	5.2	7.1	-16.5	414.6	418.5	348.0	7973.1	1983.4	734.3	29.6
864		-13.3	-15.3	-20.5	-15.5	-16.0	-16.1	-16.1	4.4	4.4	4.4	-16.1	-16.1	4.4	4.4	-20.5	352.8	357.7	276.0	7870.8	1723.6	675.3	20.7
867		-19.8	-21.3	-25.9	-21.5	-21.9	-22.0	-22.0	5.3	5.3	5.3	-22.0	-22.0	5.3	5.3	-25.9	284.0	287.9	192.0	7564.1	1475.2	523.5	20.2
872		-23.1	-23.1	-27.4	-23.3	-23.7	-23.7	-23.7	3.7	3.7	3.7	-23.7	-23.7	3.7	3.7	-27.4	285.4	286.3	174.0	7450.3	1364.1	486.9	18.6
873		-21.9	-23.3	-27.4	-23.4	-24.0	-24.1	-24.1	3.4	3.4	3.4	-24.1	-24.1	3.4	3.4	-27.4	284.3	268.2	186.0	7451.2	1352.2	563.2	21.5
878		-19.7	-21.4	-26.1	-21.8	-22.1	-22.1	-22.1	3.9	3.9	3.9	-22.1	-22.1	3.9	3.9	-26.1	279.1	283.0	201.0	7564.1	1475.9	580.3	22.3
880	-13.0	-15.2	-20.6	-15.4	-15.9	-16.0	-16.0	4.6	4.6	4.6	-16.0	-16.0	4.6	4.6	-20.6	349.7	354.6	288.0	7749.7	1713.1	706.5	27.9	
883	-8.1	-10.8	-16.9	-11.2	-11.5	-11.6	-11.6	5.3	5.3	5.3	-11.6	-11.6	5.3	5.3	-16.9	406.6	411.5	357.0	7897.3	1959.4	785.4	31.6	
885	-3.3	-6.6	-13.0	-7.0	-7.2	-7.3	-7.3	7.9	7.9	7.9	-7.3	-7.3	7.9	7.9	-13.0	471.4	477.3	432.0	8044.8	2232.4	885.9	36.3	
889	1.4	-2.4	-9.3	-3.0	-2.9	-3.0	-3.0	6.2	6.2	6.2	-3.0	-3.0	6.2	6.2	-9.3	543.7	548.6	525.0	8235.3	5928.9	2549.6	97.3	
892	1.7	-1.9	-8.8	-2.5	-2.3	-2.4	-2.4	6.4	6.4	6.4	-2.4	-2.4	6.4	6.4	-8.8	541.7	547.6	513.0	8233.6	5683.5	2578.9	91.0	
894	-3.4	-6.4	-12.8	-6.8	-7.0	-7.1	-7.1	8.6	8.6	8.6	-7.1	-7.1	8.6	8.6	-12.8	489.2	474.1	423.0	8164.4	4612.8	2261.2	81.0	
897	-8.0	-9.8	-16.2	-10.3	-10.3	-10.4	-10.4	5.7	5.7	5.7	-10.4	-10.4	5.7	5.7	-16.2	418.3	423.2	360.0	11186.9	3720.2	2622.2	65.8	
901	-12.8	-14.3	-19.9	-14.5	-14.9	-14.9	-14.9	4.9	4.9	4.9	-14.9	-14.9	4.9	4.9	-19.9	359.5	364.4	288.0	11070.1	2998.2	2308.3	61.0	
905	-20.1	-21.1	-25.6	-21.1	-21.5	-21.6	-21.6	4.0	4.0	4.0	-21.6	-21.6	4.0	4.0	-25.6	288.2	288.2	189.0	10600.4	1895.1	1986.1	47.2	
906	-3.1	-5.4	-12.0	-6.8	-6.9	-6.9	-6.9	6.0	6.0	6.0	-6.9	-6.9	6.0	6.0	-12.0	487.6	492.5	426.0	10594.3	4554.5	2822.0	76.6	
910	1.3	-1.3	-8.1	-1.7	-1.7	-1.8	-1.8	8.3	8.3	8.3	-1.8	-1.8	8.3	8.3	-8.1	589.1	564.2	513.0	11198.5	5501.5	3306.2	87.9	
914	-8.4	-10.1	-16.2	-10.4	-10.6	-10.6	-10.6	5.5	5.5	5.5	-10.6	-10.6	5.5	5.5	-16.2	425.9	420.0	339.0	10885.1	3340.2	2546.0	60.8	
915	-13.1	-14.5	-20.0	-14.8	-15.0	-15.1	-15.1	5.0	5.0	5.0	-15.1	-15.1	5.0	5.0	-20.0	367.2	363.3	270.0	10699.6	2640.3	2232.7	53.0	
918	-19.5	-20.3	-25.4	-20.6	-20.7	-20.7	-20.7	4.7	4.7	4.7	-20.7	-20.7	4.7	4.7	-25.4	295.5	291.5	189.0	11134.2	1537.6	1969.1	327.8	
923	-22.1	-22.7	-27.3	-22.7	-23.0	-23.1	-23.1	4.3	4.3	4.3	-23.1	-23.1	4.3	4.3	-27.3	273.0	269.0	168.0	11147.9	1266.4	1894.5	297.7	
925	-21.9	-22.7	-27.7	-22.8	-23.1	-23.1	-23.1	4.6	4.6	4.6	-23.1	-23.1	4.6	4.6	-27.7	270.1	267.1	162.0	10983.0	1446.0	1866.9	314.0	
929	-19.3	-20.1	-25.6	-20.5	-20.6	-20.6	-20.6	5.0	5.0	5.0	-20.6	-20.6	5.0	5.0	-25.6	294.6	291.7	192.0	11177.1	1706.8	1985.4	345.1	
931	-13.2	-14.4	-20.3	-14.8	-14.9	-14.9	-14.9	5.3	5.3	5.3	-14.9	-14.9	5.3	5.3	-20.3	363.3	358.4	270.0	11683.4	2646.2	2393.9	49.1	
934	-7.8	-9.6	-16.1	-10.0	-10.2	-10.2	-10.2	5.8	5.8	5.8	-10.2	-10.2	5.8	5.8	-16.1	430.1	424.3	354.0	10850.3	3656.4	2526.2	631.4	
938	-3.5	-5.6	-12.3	-6.1	-6.1	-6.2	-6.2	6.1	6.1	6.1	-6.2	-6.2	6.1	6.1	-12.3	493.9	488.0	429.0	10950.0	4460.1	2833.6	742.2	
941	1.8	-1.0	-8.0	-1.5	-1.4	-1.5	-1.5	6.5	6.5	6.5	-1.5	-1.5	6.5	6.5	-8.0	575.3	569.4	528.0	11045.2	5694.0	3234.1	887.9	
942	1.3	-1.5	-8.4	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	6.4	6.4	6.4	-1.9	-1.9	6.4	6.4	-8.4	559.4	554.5	531.0	11015.2	5838.7	3192.7	930.3	
947	1.5	-1.4	-8.5	-1.9	-1.9	-2.0	-2.0	6.5	6.5	6.5	-2.0	-2.0	6.5	6.5	-8.5	565.4	559.5	546.0	11014.4	6151.9	3204.9	986.5	
949	1.6	-1.3	-8.5	-1.9	-1.8	-1.9	-1.9	6.6	6.6	6.6	-1.9	-1.9	6.6	6.6	-8.5	568.3	562.5	549.0	10970.3	6128.8	3202.0	944.0	
953	-3.4	-5.8	-12.4	-6.2	-6.4	-6.5	-6.5	5.9	5.9	5.9	-6.5	-6.5	5.9	5.9	-12.4	491.7	485.8	456.0	10906.7	4991.9	2819.9	851.7	
955	-8.2	-10.1	-16.5	-10.7	-10.7	-10.8	-10.8	5.7	5.7	5.7	-10.8	-10.8	5.7	5.7	-16.5	423.1	417.2	369.0	10795.1	3903.0	2482.0	689.2	
959	-13.0	-14.5	-20.4	-14.6	-15.1	-15.2	-15.2	6.6	6.6	6.6	-15.2	-15.2	6.6	6.6	-20.4	368.3	358.4	294.0	10951.5	3068.2	2232.8	594.4	
962	-19.4	-20.4	-25.7	-20.7	-20.9	-21.0	-21.0	4.8	4.8	4.8	-21.0	-21.0	4.8	4.8	-25.7	292.6	288.7	213.0	11189.8	2021.4	1940.3	425.4	
963	-22.0	-22.9	-27.5	-22.9	-23.4	-23.5	-23.5	4.0	4.0	4.0	-23.5	-23.5	4.0	4.0	-27.5	271.0	267.1	177.0	10874.9	1734.2	1793.2	434.7	

Run No.	Refrigerant	HYDRATOR											No. 3				
		T _{EB} (°C)	T _{EO} (°C)	T _{EI} (°C)	T _{EO} (°C)	T _{EB} (°C)	T _{EX} (°C)	ΔT _{last} (°C)	ΔT _{air} (°C)	T _{EO} (°C)	P _{EI} (kPa)	P _{EO} (kPa)	l _h (kg/h)	l _{th} (kg/h)	q _i (W/m ²)	h _{EO} (W/(m ² ·K))	h _{EI} (W/(m ² ·K))
968	HFC410A	-22.0	-22.8	-27.4	-22.9	-23.3	4.1	5.0	-27.4	270.1	267.1	171.0	10830.6	1591.6	1761.5	389.2	14.9
3		1.8	-0.6	-7.8	-1.1	-1.0	6.6	8.3	-7.8	583.7	577.8	546.0	15289.7	6296.0	4132.9	956.7	40.3
6		-8.1	-9.5	-15.9	-9.9	-10.0	5.7	7.0	-15.9	432.7	427.8	363.0	15528.6	3973.2	3289.1	696.1	28.2
7		-12.9	-14.0	-19.8	-14.3	-14.5	5.3	6.4	-19.8	372.8	368.9	327.0	15155.3	3037.6	2866.2	571.9	22.9
10		-21.2	-21.9	-27.2	-22.1	-22.3	4.8	5.6	-27.2	275.7	272.8	213.0	13772.0	1623.7	2182.5	335.7	12.9
14		-22.0	-22.6	-27.4	-22.7	-22.9	4.4	5.0	-27.4	272.8	269.8	183.0	13568.3	1329.9	2099.5	304.2	11.6
17		-12.6	-13.6	-19.7	-13.9	-14.1	5.6	6.6	-19.7	372.7	368.8	327.0	15197.1	2715.5	2894.1	480.2	19.4
21		-7.8	-9.1	-15.5	-9.5	-9.6	5.8	7.0	-15.5	437.3	432.4	396.0	15777.4	3720.4	3382.8	641.7	26.0
22		1.5	-0.5	-7.6	-1.1	-0.9	6.5	8.0	-7.6	586.4	579.5	540.0	15343.7	5880.9	4138.0	914.1	38.5
25		1.3	-0.7	-7.6	-1.2	-1.1	6.4	7.9	-7.6	565.4	579.5	531.0	15432.0	5680.8	4143.3	894.4	37.7
28		-8.0	-9.3	-15.5	-9.6	-9.7	5.8	6.8	-15.5	437.3	432.4	396.0	15614.8	3823.1	3319.6	642.9	26.0
33		-12.7	-13.7	-19.4	-14.1	-14.2	5.2	6.2	-19.4	378.5	373.6	324.0	15154.0	2624.2	2879.7	503.3	20.0
36		-12.6	-13.5	-19.5	-13.8	-13.9	5.6	6.5	-19.5	374.7	370.8	309.0	15152.7	2459.4	2894.5	443.8	17.6
37		-22.1	-22.6	-27.2	-22.7	-22.8	4.3	4.9	-27.2	276.5	272.6	183.0	13554.2	1287.7	2148.5	302.5	11.6
42		-22.0	-22.5	-27.3	-22.6	-22.8	4.4	5.0	-27.3	275.7	272.8	177.0	13597.7	1194.6	2159.5	272.3	10.4
45		-7.9	-9.1	-15.4	-9.5	-9.5	5.8	6.9	-15.4	437.4	432.5	390.0	15510.1	3390.1	3377.8	584.3	23.7
47		1.7	-0.2	-7.3	-0.7	-0.6	6.6	8.0	-7.3	592.4	587.5	540.0	15412.9	5621.2	4249.0	858.4	36.2
49		1.5	-2.0	-9.0	-2.5	-2.4	6.5	8.6	-9.0	596.1	590.2	492.0	1786.2	5109.5	2409.3	799.5	33.4
54		-8.4	-10.8	-16.8	-11.0	-11.4	5.3	7.1	-16.8	417.8	412.9	360.0	7622.3	3380.6	1860.7	652.8	26.3
56		-21.5	-22.7	-27.3	-23.2	-23.3	4.0	5.2	-27.3	273.6	269.7	180.0	7127.7	1470.5	1296.8	387.5	14.1
60		-21.9	-23.1	-27.6	-23.2	-23.7	3.8	5.0	-27.6	271.7	267.7	183.0	7129.2	1558.2	1277.1	415.0	15.9
62		-13.1	-15.0	-20.9	-15.4	-15.7	5.1	6.8	-20.9	355.2	351.2	279.0	7550.0	2638.8	1645.3	517.6	20.4
66		-8.3	-10.8	-17.0	-11.1	-11.4	5.5	7.4	-17.0	411.1	408.2	348.0	7578.5	3473.5	1854.1	640.0	25.7
68		1.3	-2.4	-9.2	-2.8	-2.8	6.3	8.5	-9.2	551.4	545.5	489.0	7787.2	5283.1	2391.5	855.1	35.7
71		1.4	-2.3	-9.3	-2.9	-2.9	6.4	8.7	-9.3	551.6	545.7	486.0	7786.9	5371.9	2396.4	856.6	35.8
75		1.5	-2.4	-9.6	-3.0	-2.9	6.5	8.9	-9.6	548.6	540.7	489.0	7787.0	5753.4	2395.8	902.2	37.6
77		-6.4	-11.3	-17.5	-11.6	-12.0	5.4	7.6	-17.5	408.2	400.4	306.0	7208.1	3807.7	1768.9	711.8	28.5
79		-13.0	-15.3	-21.0	-15.5	-16.1	4.8	6.8	-21.0	353.3	349.4	303.0	7145.4	3085.2	1571.0	649.8	25.6
84		-21.4	-22.9	-27.8	-23.1	-23.7	4.0	5.6	-27.8	268.8	264.9	201.0	6842.4	1889.9	1251.3	471.8	18.0
85		-21.2	-22.6	-27.6	-22.9	-23.2	4.3	5.7	-27.6	270.7	267.7	186.0	6841.5	1657.9	1263.1	385.3	14.7
90		-13.0	-15.1	-20.8	-15.3	-15.8	4.9	6.7	-20.8	356.9	354.0	297.0	7101.3	2781.1	1568.4	572.5	22.6
91		-7.9	-10.7	-17.1	-11.0	-11.4	5.6	7.7	-17.1	411.8	407.9	342.0	7129.9	3665.3	1778.1	684.0	26.7
464	HFC404A	2.4	0.3	-6.2	-0.2	-0.1	6.0	7.5	-6.2	458.7	462.7	824.0	16059.1	6386.7	4607.0	1065.6	66.5
473		-12.4	-13.8	-18.2	-14.0	-14.5	3.7	5.1	-18.2	396.8	390.8	339.0	15225.1	3953.6	3072.7	1074.6	62.7
475		-7.2	-8.8	-14.2	-8.2	-8.3	4.8	6.1	-14.2	245.8	248.7	414.0	15887.4	4677.0	3626.2	990.7	59.0
480		-2.5	-4.4	-10.2	-4.9	-4.9	5.2	6.7	-10.2	402.7	406.6	501.0	16137.8	5682.1	4126.9	1104.8	67.2

Run No.	Refrigerant	Evaporator										No. 4					
		T _{DB} (°C)	T _{EB} (°C)	T _{EB} (°C)	T _{EB} (°C)	T _{WB} (°C)	ΔT _{sat} (°C)	ΔT _{sat} (°C)	T _{DB} (°C)	P _{sat} (kPa)	P _{EB} (kPa)		ṁ _h (kg/h)	ṁ _h (kg/h)	q _i (W/m ²)	h _{EB} (W/(m ² ·K))	h _h (W/(m ² ·K))
483	HFC404A	2.3	0.1	-6.2	-0.3	-0.5	5.7	7.3	-6.2	468.4	470.3	608.0	15866.4	6661.3	4592.8	1172.2	73.2
485		7.1	4.5	-2.4	4.0	4.2	6.5	8.2	-2.4	529.0	533.9	717.0	15602.3	7867.2	4970.6	1232.8	78.2
487		10.1	7.3	0.1	6.6	7.1	6.9	8.6	8.6	578.1	583.0	792.0	15569.5	8420.6	5185.1	1254.3	80.6
490		12.0	9.1	1.8	8.4	8.9	8.7	8.6	1.8	613.7	617.6	825.0	15589.2	8717.6	5362.1	1284.9	83.4
495		9.9	7.3	0.1	6.6	7.0	6.8	8.4	0.1	576.5	581.4	771.0	15842.2	8178.3	5235.4	1232.3	79.2
497		7.0	4.6	-2.3	4.0	4.3	6.4	8.1	-2.3	529.4	534.3	690.0	15892.1	7489.6	5003.1	1178.9	74.8
501		2.1	0.0	-6.6	-0.4	-0.3	6.1	7.6	-6.6	483.6	487.5	16061.2	16061.2	6322.6	4983.8	1039.7	64.5
504		-2.9	-4.6	-10.4	-5.0	-5.2	5.2	6.6	-10.4	400.9	403.8	477.0	16138.7	6138.7	4099.2	1028.6	62.5
506		-7.2	-8.7	-14.2	-9.1	-9.2	4.9	6.2	-14.2	348.8	352.7	396.0	15943.5	4516.0	3622.3	928.1	55.3
509		-12.6	-13.9	-18.3	-14.1	-14.5	3.8	5.0	-18.3	297.8	300.7	312.0	15269.7	3709.2	3069.2	996.5	58.1
519		11.6	9.0	0.7	8.3	8.8	6.9	8.5	1.7	612.9	617.8	795.0	15795.9	8214.0	5396.2	1207.7	78.3
521		9.8	7.3	0.3	6.7	7.1	6.9	8.2	0.3	585.4	591.3	750.0	15884.5	7707.2	5245.9	1180.6	76.0
524		7.0	4.8	-2.3	4.2	4.5	6.6	8.1	-2.3	538.3	542.2	678.0	16050.3	6968.7	4988.9	1068.0	67.8
527		2.4	0.5	-2.0	0.0	0.2	6.0	7.4	-2.0	468.7	472.6	573.0	16058.3	5957.9	4616.5	1004.2	62.5
530		-2.8	-4.4	-10.4	-4.8	-4.8	5.5	6.8	-10.4	402.9	406.9	459.0	16138.6	4978.6	4114.8	919.6	55.9
533		-7.6	-8.9	-14.4	-9.3	-9.4	4.9	6.1	-14.4	346.0	349.9	378.0	15889.1	4078.6	3604.1	837.3	48.8
539		9.8	7.4	0.1	6.8	7.2	7.0	8.4	0.1	584.4	588.4	738.0	15884.7	7336.9	5242.9	1071.8	68.9
541		6.9	4.7	-1.9	4.2	4.4	6.2	7.7	-1.9	542.2	547.1	657.0	15862.6	6795.4	4967.4	1108.0	70.4
544		2.4	0.5	-5.9	0.1	0.2	5.1	7.3	-5.9	471.6	475.5	558.0	16058.1	5804.6	4618.7	985.9	61.4
549		-2.5	-4.1	-9.9	-4.5	-4.5	5.3	6.6	-9.9	407.8	411.7	453.0	16093.4	4875.7	4131.6	930.2	56.7
552		-7.1	-8.5	-14.0	-8.8	-8.9	5.0	6.1	-14.0	351.8	354.8	372.0	15885.0	3933.6	3645.1	793.8	47.3
553		-12.3	-13.4	-17.9	-13.5	-13.9	3.9	5.0	-17.9	302.8	305.7	294.0	15267.0	3286.7	3100.2	848.7	49.6
559		-12.2	-13.5	-18.0	-13.6	-14.0	3.9	5.1	-18.0	300.9	302.9	303.0	15266.9	3570.1	3101.7	919.9	53.7
588		10.7	5.4	-2.2	4.6	5.3	5.1	7.3	10.0	539.6	544.5	711.0	7960.8	8055.0	2984.0	1147.5	72.9
589		7.6	2.8	-4.6	2.1	2.5	2.3	6.9	-4.6	495.6	500.5	639.0	7928.5	7274.3	7270.0	1088.7	68.2
594		3.1	-1.4	-8.4	-2.0	-1.9	6.4	9.1	-8.4	429.8	433.8	549.0	7706.1	6627.2	2445.5	1073.4	65.9
597		-1.7	-5.7	-12.2	-6.2	-6.3	5.7	8.4	-12.2	375.8	379.8	459.0	7678.3	5735.0	2181.9	1027.7	61.9
605		-6.6	-10.7	-16.6	-11.2	-11.6	4.9	7.8	-16.6	317.1	321.0	366.0	5884.5	4507.9	1551.9	946.6	55.7
611		12.5	7.8	-0.2	6.8	7.5	7.3	7.4	10.0	579.0	583.9	765.0	9398.1	8690.8	3404.8	1203.0	77.2
615		10.7	5.5	-2.1	4.8	5.4	5.2	7.2	-2.1	544.8	549.7	706.0	8047.2	7891.7	2911.9	1123.7	71.4
618		7.8	3.0	-4.5	2.3	2.8	2.6	7.0	-4.5	495.7	500.6	603.0	8014.4	7280.2	2756.0	1085.0	66.8
621		3.0	-1.4	-6.2	-1.9	-2.0	6.3	8.9	-6.2	431.0	436.9	526.0	7456.3	6256.6	2737.3	1019.7	62.6
624		-1.8	-5.9	-12.4	-6.4	-6.5	5.8	8.4	-12.4	373.1	378.0	438.0	6981.8	5252.0	2013.0	928.6	55.8
627		-6.8	-10.6	-16.7	-11.1	-11.4	5.2	7.9	-16.7	317.1	321.0	345.0	6102.0	4270.8	1994.4	844.1	49.6
639		12.5	7.2	-0.4	6.6	7.1	6.9	7.3	10.0	571.2	577.0	735.0	7953.9	8088.9	2989.0	1142.7	73.3
640		10.7	5.9	-2.1	5.1	5.7	5.5	7.6	10.2	536.7	542.6	678.0	8122.4	7484.6	2942.4	1009.5	64.1
644		8.0	3.1	-4.2	2.5	2.9	2.7	6.9	-4.2	500.4	505.3	615.0	7243.9	6886.4	2548.8	1036.4	65.1

Run No.	Refrigerant	Evaporator										No. 5					
		T _{sat} (°C)	T _{sub} (°C)	T _{sat} (°C)	T _{sub} (°C)	T _{sub} (°C)	T _{sub} (°C)	T _{sub} (°C)	ΔT _{sat} (°C)	ΔT _{sub} (°C)	T _{sub} (°C)						
648	RFC104A	3.3	-1.3	-6.3	-1.9	-6.5	9.1	-8.3	431.8	436.7	6640.4	5712.6	1777.7	904.6	55.6		
650		-1.7	-6.0	-12.6	-6.5	-11.1	8.6	-12.6	370.1	375.0	414.0	4746.7	1774.6	825.2	49.6		
652		-6.7	-10.4	-16.1	-10.7	-11.1	7.4	-16.1	322.0	325.9	339.0	4124.9	1599.9	871.9	51.4		
667		10.3	5.7	-1.6	5.1	5.5	9.4	-1.6	545.6	551.5	672.0	7917.6	2868.3	1040.3	66.3		
671		7.6	3.4	-3.9	2.8	3.1	3.0	6.8	508.4	514.3	609.0	6496.2	2488.0	975.6	61.4		
673		2.5	-1.3	-6.0	-1.8	-1.7	1.8	8.2	437.8	442.7	504.0	7500.4	2748.2	970.9	55.9		
677		-2.0	-5.6	-12.0	-6.1	-6.1	-6.2	5.8	379.9	383.8	411.0	6616.2	1979.2	808.3	48.7		
681		-6.6	-10.2	-15.9	-10.6	-10.9	7.4	-15.9	326.0	329.9	327.0	3563.1	1468.3	757.8	44.7		
263	HCFC22	2.0	0.1	-5.2	-0.3	-0.2	4.9	6.2	387.9	391.8	417.0	14019.4	4877.9	3863.6	1012.5	52.1	
265		-2.7	-4.3	-9.1	-4.8	-4.7	4.8	5.5	337.9	339.9	354.0	13914.2	4165.1	3592.2	975.5	49.3	
270		-7.4	-8.8	-13.0	-9.2	-9.3	4.9	-13.0	290.8	292.8	303.0	13659.5	3590.5	3143.4	905.2	49.2	
272		-3.0	-4.8	-9.6	-5.1	-5.2	4.3	5.6	327.1	330.1	354.0	13931.3	4463.3	3492.8	1051.6	53.4	
274		2.3	0.3	-5.3	-0.2	-0.1	5.1	6.5	386.0	388.9	426.0	13974.6	5260.9	3969.1	1051.6	54.1	
277		6.9	4.8	-1.3	4.1	4.4	4.2	5.5	444.8	447.7	501.0	13868.3	5932.6	4301.8	1093.0	57.3	
282		-0.7	-2.6	-7.1	-3.1	-3.0	4.1	4.5	351.4	354.3	393.0	13946.0	5044.8	3776.7	1121.1	57.0	
283		2.1	0.0	-5.3	-0.5	-0.3	4.8	6.3	385.5	388.4	438.0	13928.8	5560.1	4014.9	1172.3	60.3	
286		5.0	2.7	-2.9	2.1	2.4	2.2	5.2	420.0	422.9	492.0	13866.8	6124.4	4220.1	1203.4	62.6	
289		7.0	4.5	-1.6	3.8	4.3	4.1	5.7	441.4	445.3	522.0	13767.3	6448.3	4352.9	1146.6	60.0	
292		6.9	4.5	-1.4	3.9	4.3	4.1	5.5	444.3	447.2	507.0	13735.0	6222.0	4343.0	1147.8	60.1	
297		10.9	8.1	1.7	7.4	7.9	7.8	6.0	477.2	489.2	582.0	13923.5	7194.9	4838.7	1211.8	64.4	
298		11.8	9.0	2.5	8.2	8.6	8.6	6.1	507.9	511.8	600.0	13542.1	7295.9	4893.7	1211.1	64.6	
303		11.6	8.7	2.4	8.0	8.6	8.4	6.0	7.7	504.9	508.8	597.0	13543.5	7398.5	4875.3	1253.9	66.9
305		1.9	-0.1	-5.7	-0.7	-0.5	-0.6	5.1	383.0	386.0	423.0	14006.0	5289.5	4018.8	1049.2	53.9	
309		4.8	2.8	-3.2	2.0	2.3	2.1	5.3	419.4	422.3	474.0	13943.5	5970.2	4228.6	1143.2	59.4	
312	-7.6	-9.0	-13.1	-9.2	-9.5	-9.6	3.5	289.9	291.9	291.0	13660.6	3742.2	3129.0	1069.6	54.1		
313	-7.5	-8.8	-13.0	-9.3	-9.3	4.8	4.7	289.9	291.8	273.0	13692.4	3522.3	3146.6	987.6	49.1		
318	-2.6	-4.2	-9.2	-4.7	-4.6	-4.7	4.5	336.9	338.9	342.0	13913.3	4270.9	3605.1	955.1	48.3		
319	9.7	7.1	0.9	6.4	6.9	6.7	5.8	481.1	484.0	546.0	13555.0	6724.0	4523.6	1175.4	62.2		
323	-7.9	-9.2	-13.0	-9.2	-9.6	-9.7	3.4	290.8	291.8	258.0	13661.9	3257.3	3111.2	978.6	48.6		
325	-2.8	-4.3	-9.1	-4.7	-4.7	-4.8	4.3	337.7	337.7	321.0	13871.1	3916.7	3577.3	908.7	45.9		
330	2.2	0.4	-5.1	-0.1	0.1	6.4	5.1	389.8	392.7	393.0	13796.7	4749.6	4005.5	941.7	48.5		
331	6.6	4.5	-1.5	3.9	4.3	4.1	5.6	444.8	446.7	468.0	13606.0	5613.3	4297.6	1013.4	53.1		
335	9.7	7.3	1.2	6.7	7.1	6.9	5.8	485.9	488.9	525.0	13262.3	6272.9	4453.8	1101.3	58.4		
338	9.9	7.1	0.8	6.4	6.9	6.7	5.9	481.5	484.4	576.0	13630.1	7446.7	4552.4	1286.2	68.1		
343	9.8	7.0	0.7	6.3	6.8	6.8	5.9	481.5	484.5	561.0	13480.6	7129.8	4543.8	1222.7	64.7		
343	-12.2	-13.5	-16.9	-13.6	-14.0	-14.1	4.0	249.1	251.1	231.0	13480.6	3209.2	2755.1	1161.6	56.7		
348	-12.6	-14.0	-17.1	-14.1	-14.5	-14.6	2.5	246.2	248.1	234.0	13439.7	3369.8	2716.3	1368.8	66.7		

Run No.	Refrigerant	Evaporator											No. 6					
		T _{sat} (°C)	T _{sub} (°C)	T _{amb} (°C)	T _{amb} (°C)	T _{amb} (°C)	T _{amb} (°C)	T _{amb} (°C)	ΔT _{sat} (°C)	ΔT _{sub} (°C)	P _{sat} (kPa)	P _{amb} (kPa)		m _h (kg/h)	Q _e (W/m ² ·K)	h _{sp} (W/m ² ·K)	Y (%)	
349	R134a	-12.5	-13.7	-16.8	-13.8	-14.2	-14.3	2.5	3.6	-16.8	25.1	253.0	216.0	13558.8	3075.9	2748.0	1259.7	61.5
353	R134a	-12.4	-13.5	-16.8	-13.5	-13.9	-14.0	2.6	3.6	-16.6	25.0	255.9	207.0	13557.7	2751.6	2760.9	1072.9	52.4
366	R134a	9.8	7.1	0.7	6.3	6.9	6.7	6.0	7.6	0.7	48.18	484.8	576.0	14189.1	7515.4	4777.9	1276.8	67.6
369	R134a	7.1	4.6	-1.5	3.9	4.3	4.1	5.8	7.2	-1.5	44.45	447.5	525.0	14531.5	8954.7	4633.7	1258.0	65.9
372	R134a	5.3	3.0	-3.0	2.4	2.7	2.6	5.5	7.1	-3.0	42.30	425.9	492.0	14706.7	6391.5	4389.5	1165.5	60.6
375	R134a	1.8	-0.2	-5.5	2.0	-0.5	-0.7	4.8	6.3	-5.5	38.68	388.7	438.0	15130.4	5808.5	4348.8	1213.7	62.4
380	R134a	-0.7	-2.6	-7.6	-3.1	-2.9	-3.1	4.5	5.9	-7.6	35.73	359.2	398.0	15234.2	5288.6	4130.1	1175.6	59.8
381	R134a	-2.8	-4.5	-9.4	-5.0	-4.9	-5.0	4.4	5.7	-9.4	33.47	337.6	368.0	15204.6	4862.2	3914.1	1116.3	56.3
384	R134a	-7.8	-9.2	-13.2	-9.5	-9.7	-9.8	3.4	4.7	-13.2	28.66	290.5	291.0	15150.5	4057.9	3444.5	1205.1	63.6
387	R134a	-12.6	-13.8	-17.0	-14.0	-14.4	-14.4	2.6	3.8	-17.0	24.74	248.4	225.0	14734.8	3333.5	2984.0	1305.3	59.7
398	R134a	-12.0	-13.2	-16.8	-13.4	-13.7	-13.8	3.0	4.2	-16.8	25.33	253.3	231.0	14918.0	3301.7	3045.8	1099.8	53.7
399	R134a	-7.5	-8.9	-13.1	-9.1	-9.3	-9.4	3.7	4.9	-13.1	28.87	290.6	294.0	15148.3	3946.5	3472.6	1080.1	53.6
403	R134a	11.7	8.9	2.4	8.2	8.7	8.5	6.1	7.8	2.4	50.95	512.5	597.0	13768.2	7687.7	4832.6	1272.0	66.1
407	R134a	9.0	6.9	0.7	6.3	6.7	6.6	5.8	7.5	0.7	47.92	482.1	558.0	14028.1	7182.8	4719.6	1250.3	87.8
410	R134a	6.8	4.4	-1.5	3.9	4.2	4.0	5.5	7.0	-1.5	44.29	445.8	507.0	14121.5	6510.8	4512.8	1202.0	62.9
412	R134a	4.8	2.6	-3.1	2.1	2.3	2.2	5.3	6.7	-3.1	41.83	421.2	477.0	14503.1	6046.6	4439.9	1165.4	60.6
416	R134a	1.9	0.0	-5.4	-0.5	-0.3	-0.5	4.9	6.3	-5.4	38.40	387.0	432.0	15053.5	5550.5	4341.9	1145.9	58.9
417	R134a	-2.8	-4.4	-9.3	-4.8	-4.8	-4.9	4.4	5.8	-9.3	33.80	337.9	357.0	15280.1	4626.8	3937.3	1064.2	53.7
421	R134a	-2.5	-4.0	-9.0	-4.4	-4.4	-4.5	4.5	5.8	-9.0	33.60	337.9	345.0	15321.1	4497.7	3993.0	998.4	50.5
424	R134a	-7.4	-8.7	-12.8	-8.8	-9.1	-8.2	3.6	4.7	-12.8	29.08	292.7	288.0	15147.0	3748.9	3489.9	1050.6	52.2
427	R134a	-12.1	-13.2	-16.8	-13.3	-13.7	-13.8	2.9	3.9	-16.6	25.25	253.5	222.0	14731.1	3035.8	3027.2	1062.3	51.9
432	R134a	11.4	8.7	2.4	8.0	8.5	8.3	6.0	7.6	2.4	50.38	506.7	578.0	13649.3	7173.1	4773.2	1219.5	65.0
436	R134a	9.6	7.1	0.9	6.5	6.9	6.7	5.9	7.4	0.9	48.22	485.1	543.0	13865.4	6858.8	4834.2	1188.5	62.8
439	R134a	7.1	4.8	-1.2	4.2	4.6	4.4	5.6	7.0	-1.2	44.79	450.8	501.0	14487.3	6264.2	4653.0	1135.5	59.5
443	R134a	2.3	0.4	-5.1	0.1	0.0	0.1	5.0	6.3	-5.1	38.90	391.9	417.0	15083.3	5364.1	4380.8	1081.1	55.7
445	R134a	2.1	0.4	-5.1	0.0	0.1	0.0	4.9	6.1	-4.9	39.38	396.8	396.0	15083.9	4988.4	4373.1	1027.5	52.9
449	R134a	-2.5	-3.9	-8.7	-4.3	-4.3	-4.4	4.4	5.5	-8.7	34.28	344.8	327.0	15277.5	4166.8	3976.5	963.9	48.8
451	R134a	-7.4	-8.6	-12.5	-8.7	-9.0	-9.1	3.4	4.4	-12.5	29.67	287.7	287.0	15114.3	3514.1	3463.9	1051.6	52.3
453	R134a	-12.4	-13.4	-16.8	-13.5	-13.9	-13.9	2.4	3.4	-16.4	25.66	256.5	195.0	14688.0	2862.0	3001.6	1192.1	58.3
459	R134a	6.9	4.7	-1.1	4.4	4.5	4.4	5.4	6.8	-1.1	44.88	452.7	474.0	14325.9	5999.2	4380.8	1120.7	58.8
463	R134a	9.8	7.3	1.3	6.8	7.1	7.0	5.7	7.2	1.3	48.70	489.9	531.0	13815.8	6499.8	4631.2	1161.0	61.6