

冷媒の水平内面ら旋溝付鋼管内蒸発流における
流動様相と熱伝達に関する研究

2006年2月

長崎大学大学院
生産科学研究所

東井上真哉

目次

第1章 緒言	1
1.1 はじめに	1
1.2 水平管内蒸発流の流動と熱伝達に関する従来の研究	4
1.2.1 平滑管を対象とした従来の研究	4
1.2.2 内面ら旋溝付管を対象とした従来の研究	9
1.3 本論文の目的および構成	14
第2章 実験装置および方法	16
2.1 実験装置および試験蒸発器	16
2.2 試験伝熱管	19
2.3 測定方法	22
2.3.1 試験伝熱管の管外表面温度	23
2.3.2 予熱器入口の冷媒温度	23
2.3.3 テストセクション入口温度	23
2.3.4 テストセクション出口の冷媒温度	24
2.3.5 流量	24
2.3.6 圧力および差圧	24
2.3.7 試験伝熱管への加熱量	25
2.3.8 予熱器への投入電力	25
2.4 実験方法および条件	25
2.5 実験データの整理方法	27
2.5.1 熱流束	27
2.5.2 試験伝熱管の管内表面温度	27
2.5.3 冷媒の混合平均温度とクオリティの推算	28
2.5.4 管周平均熱伝達係数	31
第3章 液単相流の流動と伝熱の実験	32
3.1 圧力損失	32

3.1.1	実験条件および方法	32
3.1.2	結果および考察	33
3.2	熱伝達係数	34
3.2.1	実験条件および方法	34
3.2.2	測定結果	34
3.2.3	熱伝達係数の予測式	36
3.3	まとめ	38
第4章	気液二相流の流動と伝熱の実験	39
4.1	断熱気液二相流圧力損失	39
4.1.1	実験条件および結果	40
4.1.2	従来 of 式との比較	44
4.1.3	摩擦圧力損失勾配の整理	48
4.2	管内蒸発流における管周平均熱伝達係数	50
4.2.1	実験条件および測定結果	50
4.2.2	溝による伝熱促進効果	53
4.2.3	管周平均熱伝達係数の測定値と従来 of 式との比較	55
4.3	管周方向の壁温分布と流動様相の判定	64
4.3.1	管周方向の壁温分布	64
4.3.2	熱伝達特性と流動様相	67
4.3.3	流動様式線図	72
4.4	まとめ	77
第5章	流動様相の予測	78
5.1	流動様相の判定式	78
5.1.1	分離流と環状流の境界	78
5.1.2	管頂側が乾く分離流と管頂側が濡れる分離流の境界	81
5.1.3	管周全域に非常に薄い液膜を形成する環状流に関する境界	83
5.2	実験データと予測値との比較	85
5.3	まとめ	90
第6章	管内蒸発熱伝達係数の予測	91
6.1	伝熱整理の概要	91
6.2	環状流域	92

6.2.1	伝熱面上の液膜が十分に厚い場合 (通常の環状流)	92
6.2.2	伝熱面上の液膜が非常に薄い場合	98
6.3	分離流域	101
6.3.1	管頂側の溝内に液膜が形成される領域の平均熱伝達係数 . . .	102
6.3.2	管頂側の伝熱面が乾く領域の平均熱伝達係数	103
6.4	流動様相を考慮した管周平均熱伝達係数の予測方法	106
6.5	予測値と実験データとの比較	109
6.6	まとめ	118
第7章 総括		119
謝辞		121
参考文献		123
付録 A 分離流域の管周平均熱伝達係数の算出方法		129
付録 B 実験データ		133

記号

A	: 環状流
A_c	: 実流路断面積 [m ²]
A_h	: 平均内径を基準に算出した伝熱面積 [m ²]
AD	: Average deviation [%]
A-M	: 管周全域で非常に薄い液膜が形成される環状流
γ	: 溝山の頂角 [degree]
b	: 溝底幅 [m]
Bo	: ボイリング数 [-]
Bo^*	: ボンド数 [-]
Bo^{**}	: 修正ボンド数 [-]
C_f	: 液单相流摩擦係数 [-]
d_h	: 水力相当直径 [m]
d_i	: 実流路断面積等価直径 [m]
d_{max}	: 溝谷直径 [m]
d_{min}	: 溝山直径 [m]
dp/dz	: 圧力損失勾配 [Pa/m]
F	: Reynolds number factor [-]
$F_{Yoshida}$: 平滑管に対する吉田らの Reynolds number factor [-]
Fr_v	: フルード数 [-]
G	: 質量速度 [kg/(m ² ·s)]
h	: 溝深さ [m]
h_b	: 冷媒のバルク比エンタルピ [J/kg]
h_l	: 飽和液の比エンタルピ [J/kg]
h_v	: 飽和蒸気の比エンタルピ [J/kg]
H	: 管壁内の単位体積当りの発熱量 [W/m ³]
Ja^*	: ヤコブ数 [-]
K	: 高松らの蒸発熱伝達係数の予測式における核沸騰による熱流束と全熱流束との比 [-]
La	: ラプラス定数 [-]
Nu	: ヌッセルト数 ($= \alpha d_i / \lambda$) [-]

M	: 分子量 [-]
MD	: Mean deviation [%]
P	: 絶対圧力 [Pa]
P_c	: 臨界圧力 [Pa]
q	: 熱流束 [W/m^2]
Q	: テストセクションへの加熱量 [W]
Pr	: プラントル数 [-]
r_i	: 平均半径 ($= d_i/2$) [m]
r_o	: 管外半径 [m]
Re	: レイノルズ数 [-]
Re_l	: 液のみが管内を満たして流れる場合のレイノルズ数 [-]
Re_v	: 蒸気のみが管内を満たして流れる場合のレイノルズ数 [-]
S	: 核沸騰の抑制パラメータ [-]
S-D	: 管頂側が乾く分離流
S-M	: 管頂側が濡れる分離流
t	: 溝ピッチ [m]
t_{axial}	: 流れ方向に対する溝ピッチ ($= t/\sin\beta$) [m]
T	: 温度 [K]
T_{fluid}	: 液単相流における冷媒の混合平均温度 [K]
T_{wi}	: 管内表面温度 [K]
T_{wo}	: 管外表面温度 [K]
T_{sat}	: 冷媒の飽和温度 [K]
u	: 速度 [m/s]
w_t	: 溝山の開口幅 [m]
We_v	: ウェーバー数 [-]
x	: 熱力学的平衡クオリティ [-]
x_{SA}	: 分離流から環状流へ遷移するクオリティ [-]
x_{m1}	: 管頂側が濡れる分離流への遷移開始クオリティ [-]
x_{m2}	: 管頂側が濡れる分離流への遷移完了クオリティ [-]
x_{am1}	: 管周全域で非常に薄い液膜が形成される環状流への 遷移開始クオリティ [-]
x_{am1}	: 管周全域で非常に薄い液膜が形成される環状流への 遷移完了クオリティ [-]

Y	: 森らの濡れ境界角度の予測値に対する倍増係数 [-]
X_{tt}	: Lockhart-Martinelliパラメータ [-]
α	: 熱伝達係数 [W/(m ² ·K)]
α_{cv}	: 強制対流による熱伝達係数 [W/(m ² ·K)]
α_1	: 蒸気のみが管内を満して流れる場合の熱伝達係数 [W/(m ² ·K)]
α_{nb}	: 核沸騰による熱伝達係数 [W/(m ² ·K)]
α_{pb}	: プール核沸騰熱伝達係数 [W/(m ² ·K)]
α_S	: Stephan-Abdelsalamの式から求まるプール核沸騰熱伝達係数 [W/(m ² ·K)]
β	: リード角 [degree]
ΔP_f	: 摩擦による圧力損失 [Pa]
ΔP_m	: 加速による圧力損失 [Pa]
ΔT	: 過熱度 [K]
ΔP	: 全圧力損失 (= $\Delta P_m + \Delta P_f + P_m$) [Pa]
η	: 面積拡大率 [-]
λ	: 熱伝導率 [W/(m·K)]
λ_w	: 試験伝熱管の熱伝導率 [W/(m·K)]
μ	: 粘性係数 [Pa·s]
ρ	: 密度 [kg/m ³]
ϕ	: 管底点からの角度 [rad.]
ϕ_s	: 濡れ境界角度 [rad.]
σ	: 表面張力 [N/m]
ξ	: ボイド率 [-]
Φ	: 二相摩擦倍増係数 [-]

添字

cal	: 計算値
exp	: 実験値
in	: テストセクションの入口
l	: 液
nb	: 核沸騰
out	: テストセクションの出口
t	: 管頂側の領域
tp	: 気液二相流

- v : 蒸気
- ww : 液で十分に濡れている領域

第1章 緒言

1.1 はじめに

産業界、一般家庭で広く使用されている冷凍機、空調機そしてヒートポンプは現在では必要不可欠なものとなり、今後、世界各国の生活水準の向上により、冷凍空調機の普及はますます広がると考えられる。このことから、冷凍空調機が寄与する諸問題は軽視できなくなっている。

ここで、冷凍機とその作動媒体の開発経緯を簡単にまとめてみる。まず、1834年にJ. Perkinsによりエーテルを使用した蒸気圧縮式が最初に開発され、その後、1850年にE. Carreにより水と硫酸を作動媒体とした吸収式冷凍機が開発される。そして、1863年に初めてアンモニアを冷媒とした圧縮式冷凍機が開発される。冷凍機が開発された当時、使用された冷媒は可燃性や毒性、さらに強い化学反応を引き起こす性質を持っており、事故は頻繁に生じていた。T. Midglerらが安全な冷媒の発見を試み、後に不燃性で毒性の無いフッ素有機物(フロン系冷媒)の開発に成功し、1930年に初めてフロン系冷媒(CFC12)が発表された。「安全な冷媒」として発表されたことから立て続けにフロン系冷媒が開発され、有機フッ素化合物が工業製品全体の98%を占めるようになった。フロン系冷媒の開発から約50年経過した1974年、S. RowlandとM. Molinaが大気中へ放出された塩素を含むフロン系冷媒が成層圏へ到達したとき、それが太陽からの紫外線により分解され、成層圏のオゾン層を破壊するという学説を発表した。これを機にフロン系冷媒が見直されるようになり、1987年にオゾン層破壊物質の規制が示されたモントリオール議定書が採択された。さらに、採択後に行われた会議では現在最も使用されているHCFC22の使用期限を2020年までと決定している。

フロン系冷媒の代替冷媒として注目されているものが自然冷媒である。自然冷媒にはプロパンやイソブタンなどの炭化水素系のものや二酸化炭素、アンモニアが挙げられ、これらの物質は自然界に存在することから、地球温暖化やオゾン層の破壊に関与しない。イソブタンは高い可燃性を有するが、冷媒の充填量が少なくてすむ家庭用冷凍冷蔵庫に近年使用されている。二酸化炭素は冷房を目的として使用するには臨界温度が低すぎるのでやや不利であるが、給湯用ヒー

トポンプではCOPが従来より改善される点などの利点を備えている。アンモニアは以前から使用されてきた冷媒であり、毒性や可燃性、また、銅や銅合金を腐食するという特性を持っているが、フロン系冷媒と比べて熱伝導率が大きく、粘性係数が小さく、さらに蒸発潜熱が非常に大きいなど冷媒としての熱力学的特性が優れている。今後、充填量を低減することで大型冷凍空調設備に対して期待できる冷媒である。

冷凍空調機の効率改善についても継続的に行われている。冷凍空調機器の構成要素である蒸発器や凝縮器には、通常使用されている平滑管に代り、管の内面に微細な溝をらせん状に施した内面らせん溝付管が伝熱促進を目的として現在広く使用されている。蒸発器を設計する際、管内の熱伝達係数を見積もる必要があり、品質を向上するためには熱伝達係数を精度良く予測しなければならない。通常の平滑管に対しては広い運転条件の範囲で精度良く熱伝達係数を予測する整理式が提案されている。また、内面らせん溝付管に対する熱伝達係数の整理式もいくつか提案されているが、それらの大半は経験的に作成されたもので、物理的な根拠に基づいて整理された式はほとんどみあたらない。

蒸発を伴った流動は、管内に蒸気と液体が混在して流れるため、圧力、流量などの運転条件や粘性、表面張力などの流体の物理的性質に依存して流動様相は多様に変化する。また、熱伝達特性についても流動様相に追従して複雑に変化する。特に水平管の場合、流量の低い条件では重力の影響により蒸気と液が上下に分離して流れるため、伝熱面が乾く管上部の熱伝達は著しく低下する。しかし、内面らせん溝付管の場合、このような低流量域では管上部の溝内に薄い液膜が形成されるため、管上部の熱伝達は極めて良好になる。したがって、内面らせん溝付管内の熱伝達特性を流動様相を考慮して検討する場合、通常の平滑管における流動様相に加えて伝熱面上の液膜の状態にも注目する必要がある。このことから、熱伝達係数の予測精度を向上させ、新しく開発された冷媒に対して迅速に対応するためには、伝熱面上の液膜の状態も含めて管内の流動様相を推測し、個々の流動様相に対して熱伝達係数を予測する方法を確立すべきである。

本論文は、冷媒の水平内面らせん溝付管内蒸発熱伝達の実験的研究を行い、管周方向の壁温分布の測定値から伝熱面上における液膜の状態を推測し、内面らせん溝付管内の流動様相と熱伝達特性を明らかにしたものである。さらに、内面らせん溝付管内の流動様相を予測するための整理式および流動様相毎の蒸発熱伝達係数の予測式を作成するとともに、流動様相を考慮した蒸発熱伝達係数の予測手法

を提案したものである。実験では、管周方向の壁温分布を明瞭に測定するため、従来の研究で使用されていた熱伝導率の大きい銅製の内面ら旋溝付管に代り、熱伝導率の小さい鋼製の内面ら旋溝付管を使用した。また、広い圧力範囲における管内蒸発流の流動様相と熱伝達を解明することが本論文の目的であることから、試験流体には管内蒸発流の実験を容易に実現できるフロン系冷媒を用いた。

1.2 水平管内蒸発流の流動と熱伝達に関する従来の研究

管内に気体(蒸気)と液体が混在して流れる場合、気液界面の形状が流量やボイド率などの条件により多様に変形する。このような現象が発生するボイラーや冷凍空調機などの蒸発器内の伝熱機構を解明するためには、まず管内の流動様相を十分に把握する必要がある。従来の研究では、主に平滑管が対象とされてきたが、近年では伝熱促進管の普及により、内面ら旋溝付管を対象とした研究も数多く行われている。本節では、管内気液二相流の流動と伝熱を研究する際、基礎となる平滑管を対象とした代表的な研究と本研究で対象とする内面ら旋溝付管に関する代表的な研究に関して紹介する。

1.2.1 平滑管を対象とした従来の研究

流動様相

管内気液二相流の流動様相に関する代表的な研究は、Baker [1, 2], Weisman [3], Kattanら [4]によるものが挙げられる。また、吉田ら [5]の分離流域における濡れ境界角度に関する研究も重要な研究である。

Baker [1]は内径25~100mmの平滑管を用いて水平断熱二相流の流動様相の観察を行ない、得られた観察結果を基に横軸を気相の質量速度、 Gx/ζ 、縦軸を気相と液相の質量比、 $(1-x)\zeta\psi/x$ 、で表した流動様式線図を作成している。ここに、 ζ と ψ は流体の物性値の影響を補正するための無次元パラメータであり、それぞれ次式で表わされる。

$$\zeta = \left\{ \left(\frac{\rho_v}{\rho_A} \right) \left(\frac{\rho_l}{\rho_W} \right) \right\}^{1/2} \quad (1.1)$$

$$\psi = \frac{\sigma_W}{\sigma} \left\{ \frac{\mu_l}{\mu_W} \left(\frac{\rho_W}{\rho_l} \right)^2 \right\}^{1/3} \quad (1.2)$$

物性値の補正には大気圧20°Cの空気と水の密度、 ρ_A, ρ_W 、水の粘性係数、 μ_W 、と表面張力、 σ_W 、を用いている。Baker線図は本来、断熱二相流に対して提案された線図であるが、しばしば水平管の加熱二相流に対しても使用されている。さらに、Scott [6]はBaker線図に対して流動様相が遷移する領域を示し、一部修正している。Scottの修正Baker線図を図1.1に示す。

従来のガラス管を用いた流動様相の観察方法は比較的容易であるが、観察者に

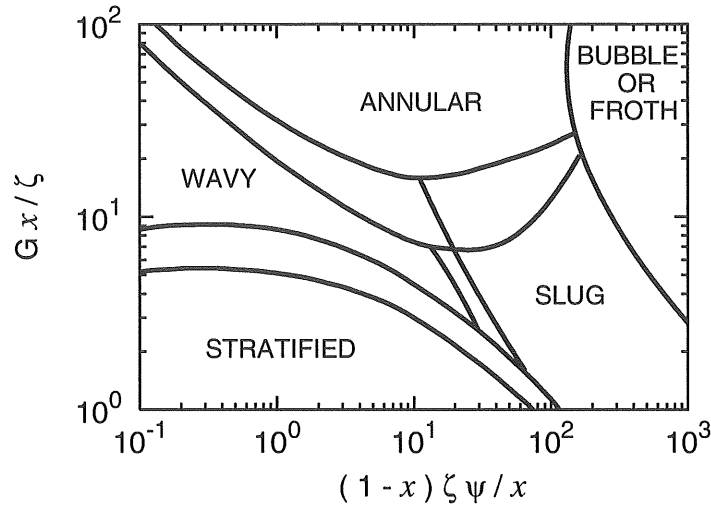
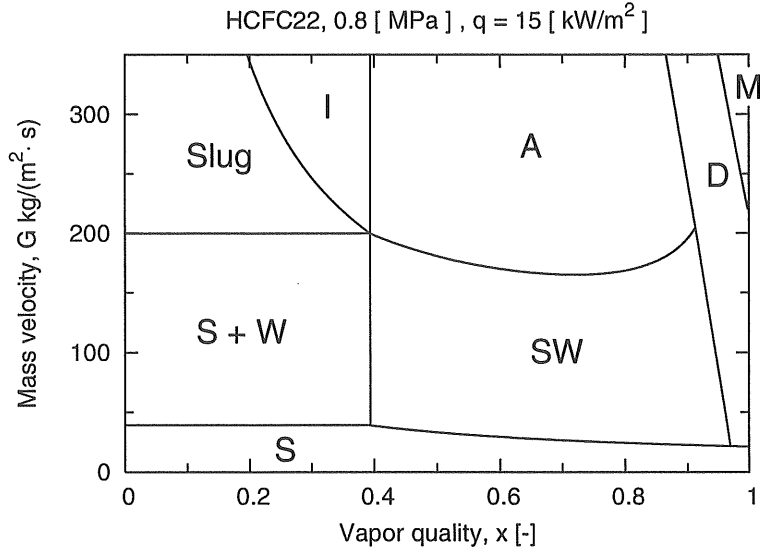


図 1.1 Scott [6] による修正 Baker 線図

よりその判定基準が異なる欠点がある。このことから Weisman ら [3] は流動様相の主観による判定の差を軽減するため、圧力損失の変動を測定し、その測定値を流動様相の判定に用いている。彼らは内径 12mm, 25mm, 51mm の試験管を用いて、空気 - グリセリン水溶液とフロン系冷媒 CFC113 の 2 種類の試験流体に対して流動様相を観察し、管径および粘性や表面張力などの物性値が流動様相に与える影響を検討している。また、管径や流体の物性値の影響を考慮するための補正係数を導入し、横軸を液相の見掛け速度、縦軸を気相の見掛け速度で示した流動様式線図を作成している。

Kattan ら [4] は内径 12mm のガラス管を用いて 5 種類のフロン系冷媒、HFC134a, HCFC123, R402A, R404A, R502 の水平管内蒸発流の流動様相を観察し、流動様相を層状流、層状波状流、間欠流、環状流、噴霧流に分類するとともに、流動様相の遷移境界線を予測する整理式を作成している。これらの整理式には熱流束の影響を示すパラメータが入っており、蒸発二相流において比較的高クオリティ域で発生するドライアウトについても考慮されている。その後、Wojtan ら [7] は、Mori ら [8] が提案したドライアウト開始クオリティおよびドライアウト完了クオリティの予測式を基に、ポストドライアウト領域を予測するための整理式を作成している。そして、これらの整理式を用いて Kattan らの流動様式線図を一部修正している。Wojtan ら流動様式線図の一例を図 1.2 に示す。



- S : Stratified flow Slug : Slug flow I : Intermittent flow
 S+W : Stratified-wavy flow A : Annular flow D : Post dryout
 M : Mist flow

図 1.2 Wojtan [7] らの平滑管に対する流動様式線図

吉田ら [5] は図 1.3 に示すような伝熱面の濡れ部分と乾き分の境界となる管底点からの角度(濡れ境界角度), ϕ_s , を管に直接内視鏡を挿入して目視により測定し, これらの測定データを整理して ϕ_s に関する予測式を提案している。その後, 森ら [9] が内径 6mm 程度の管に対しても適応可能な予測式に修正している。

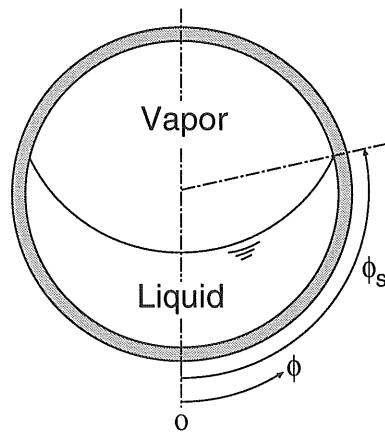


図 1.3 濡れ境界角度, ϕ_s

蒸発熱伝達係数の整理式

Chen [10] は、管内蒸発熱伝達係数は二相強制対流による熱伝達係数, α_{cv} , と核沸騰による熱伝達係数, α_{nb} , の和で表わされるという考えに基づき、管内蒸発熱伝達係数を次式で表わしている。

$$\alpha = \alpha_{cv} + \alpha_{nb} = \alpha_1 \cdot F + \alpha_{pb} \cdot S \quad (1.3)$$

α_1 は液相のみが管内を満たして流れるときの熱伝達係数, F は二相流において速度が増大する効果を示すパラメータである。 α_{pb} はプール核沸騰熱伝達係数, S は強制対流の寄与分の増大により有効過熱度が減少することを表わすパラメータである。Chen は次式に示すように, α_1 を Dittus-Boelter [11] の液単相流熱伝達係数の予測式, α_{pb} を Zuber [12] のプール核沸騰熱伝達係数の予測式を用いてそれぞれ求めている。

$$\alpha_1 = 0.023 \left(\frac{\lambda_l}{d_i} \right) \left\{ \frac{G (1-x) d_i}{\mu_l} \right\}^{0.8} Pr_l^{0.4} \quad (1.4)$$

$$\alpha_{nb} = 0.00122 \left(\frac{\lambda_l^{0.79} C_{p_l}^{0.45} \rho_l^{0.49} g^{0.25}}{\sigma^{0.5} \mu_l^{0.29} \Delta h^{0.24} \rho_v^{0.24}} \right) \Delta T^{0.24} \Delta P^{0.75} \quad (1.5)$$

その後の研究により, Edelstein ら [13] は F, S をそれぞれ次式で整理している。

$$F = \left(\frac{Re_{tp}}{Re_l} \right)^{0.8} = (1.0 + X_{tt}^{-0.5})^{1.78} \quad (1.6)$$

$$S = 0.9622 - 0.5822 \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{Re_{tp}}{61800} \right) \right\} \quad (1.7)$$

高松ら [14] は上述した Chen の形式を基に、環状流域に対する熱伝達係数の予測式を提案している。彼らの予測式では全熱流束を用いて核沸騰熱伝達係数を直接求めているにも関わらず、有効過熱度の減少を区別して取り扱っている点が他の平滑管に対する予測式と異なる点である。

吉田ら [5] は、他の研究者らによって得られた実験データを分離流域のデータと環状流域のデータに分け、それぞれの流動様相に対して熱伝達係数を整理している。なお、分離流もしくは環状流の判定には彼らが提案した濡れ境界角度の予測式 [5] を用いている。環状流および分離流で管底側の伝熱面が液冷媒で十分に濡れている領域の平均熱伝達係数を Chen の形式で整理している。分離流において管頂側が乾く領域の平均熱伝達係数については、Dittus-Boelter の式から算出した蒸気単相流熱伝達係数の予測値を基に整理している。参考までに以下に

吉田らの式を示す。

環状流域

$$\alpha = F \cdot \alpha_1 + S \cdot \alpha_{pb} \quad (1.8)$$

$$\alpha_1 = 0.023 \left(\frac{\lambda_l}{d_i} \right) \left\{ \frac{G(1-x)d_i}{\mu_l} \right\}^{0.8} Pr_l^{0.4} \quad (1.9)$$

$$F = 1 + 2X_{tt}^{-0.88} \quad (1.10)$$

$$S = \frac{1}{1 + 0.9 (Re_1 F^{1.25} \times 10^{-4})^{0.5} (Bo \times 10^4)^{-0.5} X_{tt}^{-0.5}} \quad (1.11)$$

$$\alpha_{pb} = 207 \left(\frac{\lambda_l}{d_b} \right) \left(\frac{q d_b}{\lambda_l T_{sat}} \right)^{0.745} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.581} Pr_l^{0.533} \quad (1.12)$$

$$d_b = 0.51 \sqrt{\frac{2\sigma}{g(\rho_l - \rho_v)}} \quad (1.13)$$

分離流域

図 1.3 に示すような分離流域において、銅管のように熱伝導率が高く、管周方向の壁温分布が一様になりやすい伝熱管に対する管周平均熱伝達係数を次式で求めている。

$$\alpha = \frac{\phi_s}{\pi} \cdot \alpha_{wet} + \left(1 - \frac{\phi_s}{\pi} \right) \cdot \alpha_{dry} \quad (1.14)$$

ここに、 ϕ_s は森ら [9] の濡れ境界角度の整理式から求まる予測値、 α_{wet} は管底側で十分に液冷媒が流れる領域 ($0 \leq \phi \leq \phi_s$) の平均熱伝達係数、 α_{dry} は管頂側で蒸気が流れる領域 ($\phi_s < \phi \leq \pi$) の平均熱伝達係数である。 α_{wet} については次式で求めている。

$$\alpha_{wet} = F \cdot \alpha_1 + S \cdot \alpha_{pb} \quad (1.15)$$

ここに、 α_1 , F , α_{pb} は環状流域の場合と同じ式 (1.9), (1.10), (1.12) からそれぞれ求め、核沸騰の抑制パラメータ S_{wet} については次式で整理している。

$$S_{wet} = \frac{1}{1 + 1.2 (Re_1 F^{1.25} \times 10^{-4})^{0.3} \left(\frac{q_{wet}}{G \Delta h} \times 10^4 \right)^{-0.3}} \quad (1.16)$$

$$Re_1 = \frac{G(1-x)d_i}{\mu_l} \quad (1.17)$$

q_{wet} は管底側で十分に液冷媒が流れている領域の平均熱流束である。式(1.14)の管頂側で蒸気が流れている領域の平均熱伝達係数, α_{dry} , を次式で整理している。

$$\alpha_{\text{dry}} = \left\{ 1 + 1.53 (Re_v \times 10^4)^{-1.62} Fr_v^{1.96} \right\} \cdot \alpha_v \quad (1.18)$$

$$Re_v = \frac{G x d_i}{\mu_v} \quad (1.19)$$

$$Fr_v = \frac{G}{\sqrt{g d_i \rho_v (\rho_l - \rho_v)}} \quad (1.20)$$

$$\alpha_v = 0.023 Re_v^{0.8} Pr_v^{0.4} \left(\frac{\lambda_v}{d_i} \right) \quad (1.21)$$

Kattanら [15]は, 層状流, 層状波状流, 間欠流, 準環状流, 環状流における伝熱モデルを作成し, それぞれの流動様相に対して熱伝達係数の予測式を作成している。その後, Wojtanら [16]がKattanらの流動様式線図における層状波状流域をスラグ流域, スラグ流+層状波状流域, 層状波状流域の3種類に小分割し, これらの流動様相に対して熱伝達係数の予測式を提案するとともに, 噴霧流域の熱伝達係数の予測式を提案している。

1.2.2 内面ら旋溝付管を対象とした従来の研究

流動様相

柿本ら [17]は直視型内視鏡を用いて, 溝深さ0.21mmと0.25mmの2種類の内面ら旋溝付管内の空気・水二相流の流動様相を広い質量速度の範囲で観察し, 伝熱面上の液膜の状態を詳しく述べている。柿本らは観察結果より, 質量速度が300 kg/(m²·s)の条件では, 溝深さ0.21mmの伝熱管の管頂部の溝山は液膜で覆われるが, 溝深さ0.25mmの伝熱管の管頂部の溝山の先端は露出すると述べており, それ以外は溝深さの違いによる液膜の状態の差異は確認できなかったと結論づけている。

Ohら [18]は内視鏡ポアスコープを用いて, 外径9.525mmの平滑管と内面ら旋溝付管を用いてフロン系冷媒HFC134aの管内蒸発流を観察し, 伝熱面近傍の流れの状態と伝熱促進効果のメカニズムを述べている。内面ら旋溝付管内の流動様相の観察にはリード角が異なる3種類(6°, 18°, 44°)の試験管を用いており, 伝熱促進効果を最も期待できるリード角は質量速度50 kg/(m²·s)では18°, 質量速度が200 kg/(m²·s)では6°であることを述べている。質量速度200 kg/(m²·s)ではリード角

6°の内面ら旋溝付管が高い伝熱促進効果を得ることができる理由は、リード角が小さい程液冷媒が溝山に沿って流れやすくなり、境界層がリード角が大きい場合よりも薄くなるためと説明している。

Yuら [19]は、テストセクションの前後に長さ100mmの可視化部を設け、試験流体にHFC134aを用いて平滑管および内面ら旋溝付管の管内蒸発流の観察を行っている。観察結果より内面ら旋溝付管の方が平滑管よりも低いクオリティの値で環状流へ遷移すると述べている

Liebenbergら [20,21]は、内径8~9mmの平滑管、内面ら旋溝付管、ヘイリーンポンプを用いて質量速度300~800 kg/(m²·s)の範囲で管内凝縮流の実験を行ない、圧力変動の測定値とガラス管を用いた観察結果を基に流動様相を判定している。

以上のように、内面ら旋溝付管に対する流動様相については定性的な見解は十分に得られているが、定量的なデータに基づいて内面ら旋溝付管内の流動様相を予測するまでには至っていない。

蒸発熱伝達係数の整理式

内面ら旋溝付管内の蒸発熱伝達に関する研究は1979年の伊藤・木村 [22,23]の実験的研究に始まり、これまで数多く報告されている。

最近では、木戸ら [24]が溝形状の異なる7種類の内面ら旋溝付管を用いてHCFC22の管内蒸発熱伝達の実験を行い、溝深さ、溝数、リード角が熱伝達係数に与える影響を検討している。また、彼らは実験データの整理を行ない、以下に示す実伝熱面積基準の管周平均熱伝達係数、 α^+ の予測式を提案している [25]。この式では溝の影響を修正ボンド数、 Bo^{**} 、を用いてあらわしている。

$$\alpha^+ = \frac{6.0 Y^{0.1} Re_{10}^{0.27} Pr_1^{0.4} (1 + \tan \beta)^{1.8}}{(Bo^{**})^{0.2}} \cdot \left(\frac{\lambda_l}{d_i} \right) \quad (1.22)$$

$$Y = Bo \times 10^4 + 0.23 (Bo \times 10^4)^{0.69} X_{tt}^{-2.0} \quad (1.23)$$

$$Bo^{**} = \frac{t^2 g (\rho_l - \rho_v)}{\sigma} \cdot \left(\frac{t}{d_i} \right) \cdot \left(\frac{t}{h} \right) \cdot \left(\frac{t}{b} \right) \quad (1.24)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 < Y < 1 \times 10^3, \quad 3 \times 10^3 < Re_{10} < 2 \times 10^4 \\ 1 \times 10^{-2} < Bo^{**} < 2 \times 10^{-1}, \quad 0 < \beta < 30 \end{array} \right\}$$

ここにYは吉田らの水平平滑管内蒸発熱伝達係数の整理式に使用されているパラメータである。溝の仕様が通常使用されている銅製の内面ら旋溝付管と似て

いる場合, 高流量域では木戸らの式による予測値は良い一致を示すことが知られているが, 管径および溝形状が大きい伝熱管に対しては熱伝達係数を低く予測する傾向を示す。

Thomeら [26]は表 1.1 に示す内面ら旋溝付管を用いて, 質量速度100~500 kg/(m²·s), 熱流束2~47 kW/m², 圧力0.107~0.422MPaの範囲で管内蒸発熱伝達の実験を行い, 環状流域に対する熱伝達係数の予測式を作成している。

表 1.1. Thome らが実験に使用した試験伝熱管の仕様

Maximum diameter [mm]	11.9
Fin height [mm]	0.25
Number of fin [mm]	70
Helix angle [degree]	18
Internal surface area [m ² /m]	0.065
Heat transfer area ratio [-]	1.739

溝の効果による熱伝達の促進率については液単相流に対して提案された Ravigururajan-Bergles [27] の式を用い, Kattanら [15] の平滑管に対する熱伝達係数の予測式を基に内面ら旋溝付管内の熱伝達係数を整理している。以下に Thome らの式を示す。

$$\alpha = \left[\alpha_{nb}^3 + (\alpha_{cv} E_{RB})^3 \right]^{1/3} E_{mf} \quad (1.25)$$

$$\alpha_{nb} = 55 (P/P_c)^{0.12} \{-\log_{10}(P/P_c)\}^{-0.55} M^{-0.5} q^{0.67} \quad (1.26)$$

$$\alpha_{cv} = 0.0133 \left(\frac{\lambda_l}{\delta} \right) \left\{ \frac{G(1-x)d_{max}}{\mu_l} \right\}^{0.69} Pr_1^{0.4} \quad (1.27)$$

$$\delta = \frac{d_{max}(1-\xi)}{4} \quad (1.28)$$

$$\xi = \frac{x/\rho_v}{1 + 0.12(1-x) \left(\frac{x}{\rho_v} + \frac{1-x}{\rho_l} \right) + 1.18(1-x) \cdot \frac{\{g\sigma(\rho_l - \rho_v)\}^{0.25}}{G\rho_l^{0.5}}} \quad (1.29)$$

$$E_{RB} = \left[1 + \left\{ 2.64 \left(\frac{G(1-x)d_{max}}{\mu_l} \right)^{0.036} \left(\frac{h}{d_{max}} \right)^{0.212} \right. \right.$$

$$\times \left(\frac{t_{\text{axial}}}{d_{\text{max}}} \right)^{-0.21} \left(\frac{\beta}{90} \right)^{0.29} Pr_1^{-0.024} \left. \right\}^7 \Big]^{1/7} \quad (1.30)$$

$$E_{\text{mf}} = 1.89 (G/500)^2 - 3.7(G/500) + 3.02 \quad (1.31)$$

Cavallini ら [28] は他の研究者らによって得られた HCFC22, HCFC123, HFC134a, HFC125, HFC32, CFC12 の実験データを用いて Chen の形式で蒸発熱伝達係数を整理している。表面張力の影響を考慮するためボンド数を導入しているが、予測式の作成に使用した実験データの大半は、溝数が60枚以上、溝深さが0.2mm以下の内面ら旋溝付銅管を用いたものであり、溝数が少なく、溝深さが大きい程熱伝達係数を低く予測する傾向を示す。以下に Cavallini らの式を示す。

$$\alpha = \alpha_{\text{pb}} S + \alpha_{\text{cv}} \quad (1.32)$$

$$\alpha_{\text{pb}} = 55 \left(\frac{P}{P_c} \right)^{0.12} \left(-\log_{10} \frac{P}{P_c} \right)^{-0.55} M^{-0.5} q_{\text{en}}^{0.67} \quad (1.33)$$

$$S = 1.36 \cdot X_{\text{tt}}^{0.36} \cdot \left(\frac{0.01}{d_{\text{min}}} \right)^{0.38} \quad (1.34)$$

$$X_{\text{tt}} = \left(\frac{1-x}{x} \right)^{0.9} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.5} \left(\frac{\mu_l}{\mu_v} \right)^{0.1} \quad (1.35)$$

$$\alpha_{\text{cv}} = 0.023 Re_{\text{lo}}^{0.8} Pr_1^{1/3} \frac{\lambda_l}{d_{\text{min}}} \times \left[(1-x) + 2.63x \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} \right)^{0.5} \right]^{0.8} \\ \times R_x^{2.14} (Bo^* Fr)^{-0.15} \left(\frac{0.01}{d_{\text{min}}} \right)^{0.59} \left(\frac{100}{G} \right)^{0.36} \quad (1.36)$$

$$Fr = \frac{G^2}{g d_{\text{min}} \rho_v} \quad (1.37)$$

$$Bo^* = \frac{g \rho_l h \pi d_{\text{min}}}{8 \sigma n} \quad (1.38)$$

$$R_x = \left[\frac{2hn \{(1 - \sin(\gamma/2))\}}{\pi d_{\text{min}} \cos(\gamma/2)} + 1 \right] \times (\cos \beta)^{-1} \quad (1.39)$$

ここに、式(1.33)の q_{en} は核沸騰の寄与分による熱流束で $q_{\text{en}} = \alpha_{\text{nb}} \Delta T$ で与えられ、全熱流束 q を用いて熱伝達係数を求めるには繰り返し計算する必要がある。

森ら [29] は他の研究者らによって得られた実験データを基に信頼性のあるデー

データベース(データ総数 1255 点)を作成し、管周平均熱伝達係数の予測式を作成している。彼らが作成したデータベースは表 1.2 に示すように管の仕様や運転条件を幅広く網羅している。

表 1.2. 森らの式の適用範囲

Operating conditions		Tube specification	
Pressure [MPa]	0.115 ~ 1.216	Maximum diameter [mm]	4.95~12.1
Mass velocity [kg/(m ² ·s)]	30 ~ 631	Fin height [mm]	0.06 ~ 0.3
Heat flux [kW/m ²]	3.3 ~ 80	Number of fin [mm]	27 ~ 85
		Helix angle [degree]	5 ~ 30

森らの式は、平滑管に対して提案された濡れ境界角度の予測式 [9] を用いて、分離流における管周平均熱伝達係数を次式で算出している。

$$\alpha = \frac{\phi_s}{\pi} \cdot \alpha_b + \left(1 - \frac{\phi_s}{\pi}\right) \cdot \alpha_t \quad (1.40)$$

ここに、 α_b は管底側で液冷媒が溝山を越えて流れる領域の平均熱伝達係数、 α_t は管頂側の溝内に薄い液膜が形成される領域の平均熱伝達係数であり、 α_b 、 α_t を以下のように整理している。

$$\alpha_b = \left[1 + C_f X_{tt}^{-0.93} + C_b (Bo \times 10^4)^{0.8}\right] \alpha_1 \quad (1.41)$$

$$\alpha_1 = 0.023 \eta^{1.3} Re_1^{0.8} Pr_1^{0.4} \left(\frac{\lambda_1}{d_i}\right) \quad (1.42)$$

$$Bo = \frac{q}{G \Delta h} \quad (1.43)$$

$$C_f = 37 \left(\frac{h}{d_i}\right)^{-0.4} \left(\frac{w_t}{d_i}\right)^{0.8} \left(\frac{G d_i}{\mu_1} \times 10^{-4}\right)^{-0.65} \\ \times \left[1 - 0.93 \exp\left(-5 \frac{G d_i}{\mu_1} \times 10^{-4}\right)\right] \left(\frac{\rho_v}{\rho_l}\right)^{0.45} \quad (1.44)$$

$$C_b = \frac{1}{1.6 + X_{tt}^{-0.3} \left(\frac{G d_i}{\mu_1} \times 10^{-4}\right)^{0.3}} \quad (1.45)$$

$$\alpha_t = C_m \frac{\lambda_l}{w_t} \quad (1.46)$$

$$C_m = 530 \left(\frac{h}{d_i} \right)^{0.8} \left(\frac{G^2 w_t}{\sigma \rho_l} \right)^{0.15} \times \left[1 - \frac{0.6}{1 + 25 \left(\frac{G^2 w_t}{\sigma \rho_l} \right)^{1.2} (Bo \times 10^4)^{0.5}} \right] X_{tt}^{-0.2} \quad (1.47)$$

なお、環状流域 ($\phi_s = \pi$) における熱伝達係数については式(1.41)で求めている。

上述した4種類の内面ら旋溝付管に対する熱伝達係数の予測式は、式中に溝深さやリード角などの溝の形状を表すパラメータを持つ一般的な形式をしている。これらの予測式以外にも宮良ら [30], 藤井ら [31], 村田 [32], 桃木ら [33] の蒸発熱伝達係数の予測式も挙げられるが、これらは主に1種類の伝熱管を用いて得た実験データを基に作成された式である。

以上のように、内面ら旋溝付管に対する蒸発熱伝達係数の予測式はいくつか提案されているが、管内の流動様相を考慮した式は現在のところ森らの式と村田の式以外みあたらない。また、これらの式が適用可能な流動様相は環状流および分離流で管頂側の伝熱面が濡れる場合に限られている。

1.3 本論文の目的および構成

前節で述べたように、内面ら旋溝付管内の流動様相に関する研究は数多く行われているが、定量的なデータに基づいて流動様相を判定した研究はまだ見あたらない。また、流動様相を考慮した内面ら旋溝付管内蒸発熱伝達係数の予測式はいくつか提案されているが、適用できる流動様相が限られている。

そこで本研究では、伝熱面上の液膜の状態に追従して伝熱面温度が変化するという点に着目し、管周方向の壁温分布の測定値から内面ら旋溝付管内蒸発流の流動様相と熱伝達特性について解明する。さらに、内面ら旋溝付管内の流動様相を予測するための整理式および流動様相毎の管内蒸発熱伝達係数の予測式を作成し、これらの予測式を用いて流動様相を考慮した蒸発熱伝達係数の予測手法を提案する。実験では、壁温分布をより明瞭に測定するため、熱伝導率の小さい鋼製の内面ら旋溝付鋼管を用いた。また、試験流体にはフロン系冷媒 HCFC123 と

HCFC22を用いた。これらの冷媒は成層圏のオゾン層の破壊にはほとんど寄与しないが、地球温暖化係数は非常に高いことから近い将来使用禁止になる冷媒である。しかし、大気温度(20°C)での蒸発圧力がHCFC123では約0.08MPa, HCFC22では約0.9MPaであり、これらの冷媒を用いることで広い圧力範囲での蒸発熱伝達の実験が可能であると判断し、試験流体として選んだ。本論文の第2章以降の構成は以下である。

第2章では、本研究で用いた実験装置、試験伝熱管、実験方法、実験データの整理方法について説明する。

第3章では、液単相流の流動と伝熱の実験を行い、得られた実験データから本実験装置と温度センサーおよび圧力センサーなどの計測機器の妥当性について述べる。また、蒸発熱伝達係数における強制対流の寄与分を予測する際に使用することを目的とし、液単相流熱伝達係数に関する予測式を作成する。

第4章では管内気液二相流の流動と伝熱の実験結果について述べるとともに管内の流動様相について検討する。流動の実験では、断熱二相流の圧力損失の測定結果から、(1)圧力、質量速度が摩擦圧力損失勾配に与える影響、(2)従来の摩擦圧力損失勾配の予測式から求めた予測値と測定値との比較検討、(3)本試験伝熱管における摩擦圧力損失勾配の整理式、について述べる。伝熱の実験では、管周平均熱伝達係数の測定結果から、(1)溝による伝熱促進効果、(2)圧力、質量速度、熱流束が蒸発熱伝達係数に与える影響、(3)従来の熱伝達係数の予測式との比較検討、について述べる。さらに、この章の最後の節では、流動様相が変化するときのクオリティの値を壁温の測定値を基に検討し、熱伝達特性を決定すると考えられる主要な流動様相について述べる。

第5章では、蒸発熱伝達の実験で得た流動様相が変化するときのクオリティの値を整理し、流動様相を予測するための判定式を提案する。

第6章では、流動様相毎に伝熱整理を行うとともに、流動様相を考慮した熱伝達係数の予測手法を提案する。

第7章は本論文の総括である。

第2章 実験装置および方法

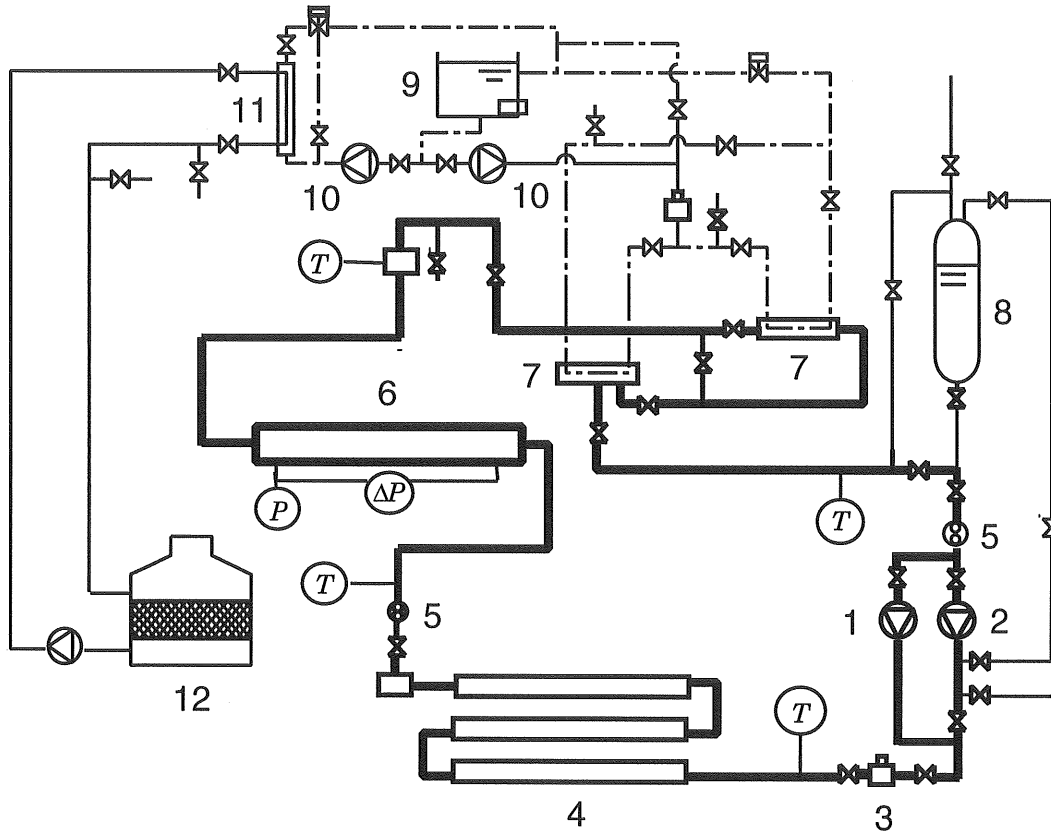
2.1 実験装置および試験蒸発器

実験装置の系統図を図 2.1 に示す。実験装置はフロン系冷媒用強制循環テストループ(太実線)、冷媒冷却用ブライン循環ループ(一点鎖線)で構成されている。

フロン系冷媒用強制循環テストループは主に、容積式マグネットギアポンプ(1)(2)、予熱器(4)、テストセクション(6)、凝縮器(7)で構成される。ポンプを出た冷媒は流量計(3)を通り、予熱器で電気ヒータにより加熱されて所定のクオリティに調整される。その後、テストセクションを通過し、凝縮器で完全に液となって再びポンプに戻る。テストループ内の冷媒充填量を調節するため、リザーバタンク(8)がテストループの一部の取り付けられている。

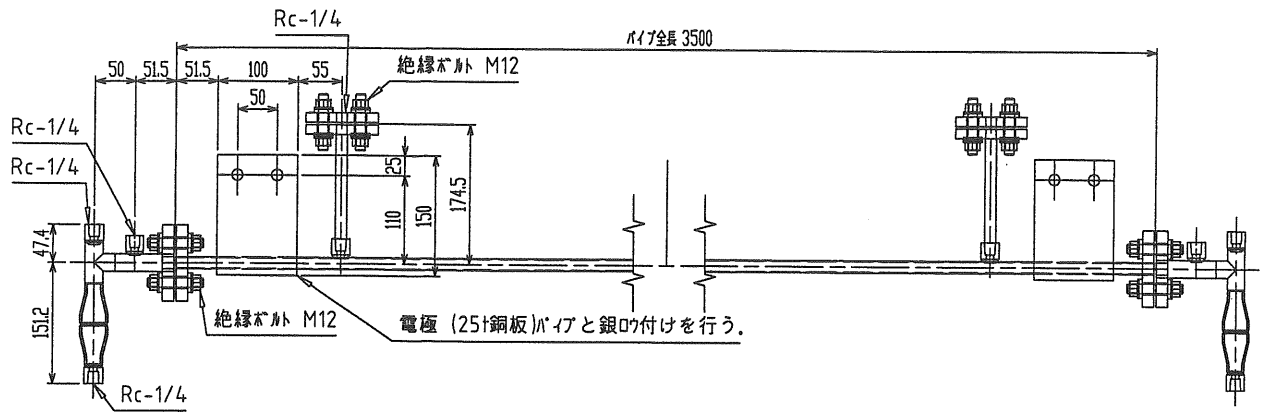
冷媒冷却用ブライン循環ループではエチレン-グリコール系のブラインが循環している。ブライン槽(9)から出たブラインは凝縮器で冷媒と熱交換されて再びブライン槽へ戻る。また、凝縮器で高温になったブラインをチーリングユニット(11)を用いて冷却する。

図 2.2 にテストセクションの寸法形状、試験伝熱管に直接取り付けられた電極および試験伝熱管と冷媒混合気との連結部を示す。図 2.2(a) に示すテストセクションは全長 3.5m で、強制循環テストループ内に水平に取り付けられている。試験伝熱管に直接交流を流して電氣的に加熱するため、図 2.2(b) に示すように幅 100mm、厚さ 25mm の電極が試験伝熱管の両端部に銀ろう付けされている。試験伝熱管と配管の連結部には絶縁ボルトを使用し、配管への電流の漏洩を防いでいる。試験伝熱管の電気抵抗が極めて小さく、通常の 100V もしくは 200V の電圧を直接用いると試験伝熱管に過大な電流が流れるため、変圧器で 1/100 に減圧した交流を試験伝熱管に通電させている。

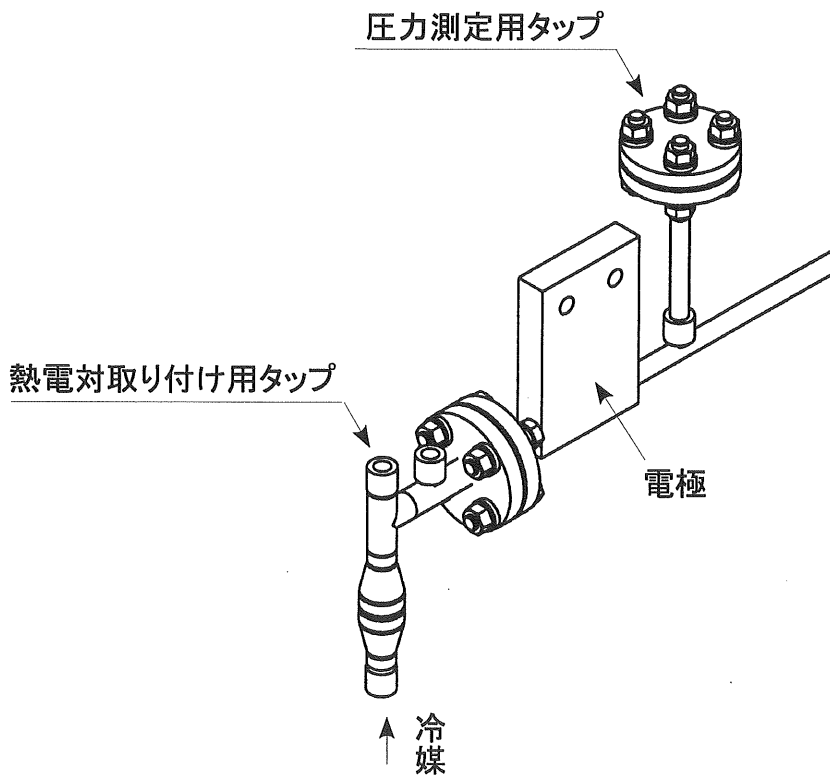


- | | |
|--|-------------------|
| 1. Magnet gear pump for high mass flow | 7. Condenser |
| 2. Magnet gear pump for low mass flow | 8. Reserver tank |
| 3. Mass flow meter | 9. Brine tank |
| 4. Preheater | 10. Brine pump |
| 5. Sight glass | 11. Chiller |
| 6. Test section | 12. Cooling tower |

図 2.1 実験装置の系統図



(a) 形状と寸法



(b) 電極と試験伝熱管の接続部

図 2.2 テストセクション

2.2 試験伝熱管

試験伝熱管の断面図と溝の詳細を図 2.3 に示す。試験伝熱管の主な仕様は、外径 15mm, 平均内径 12mm, 溝深さ 0.4mm, 溝数 32, リード角 15°, 面積拡大率 1.39 である。材質は STB-340-S-C 鋼, 熱伝導率は約 60W/(m·K) である。平均内径, d_i , は溝付管の実流路断面積, A_c , と同じ流路断面積を有する平滑管の内径, $2\sqrt{A_c/\pi}$, として定義した。表 2.1 に試験伝熱管の仕様を示す。

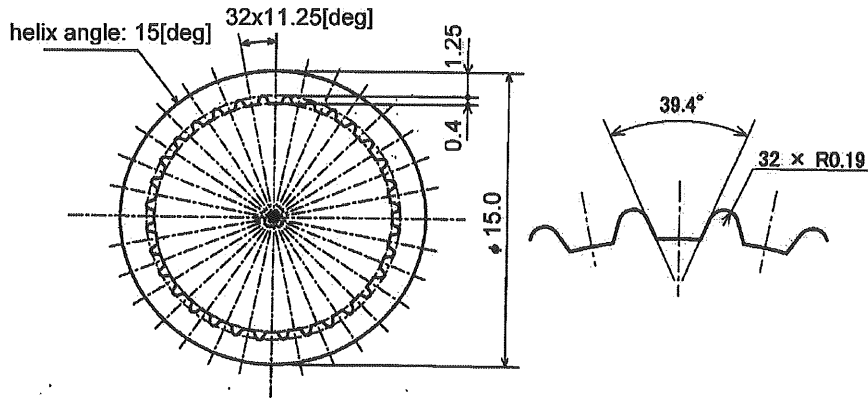


図 2.3 試験伝熱管の断面図と溝の詳細

表 2.1. 試験伝熱管の溝仕様

溝谷直径, d_{\max}	[mm]	12.5
溝山直径, d_{\min}	[mm]	11.7
平均直径 (流路断面積等価直径), d_i	[mm]	12.0
溝深さ, h	[mm]	0.4
溝数, n	[-]	32
溝ピッチ, t	[mm]	1.19
溝開口幅, w_t	[mm]	0.56
リード角, β	[degree]	15
濡れ淵長さ, l_p	[mm]	50.78
水力相当直径, d_h	[mm]	8.91
実流路断面積, A_c	[mm ²]	112.60
実伝熱面積, A_h^+	[mm ² /mm]	52.57
面積拡大係数, η	[-]	1.39

蒸発を伴う熱伝達は表面粗さに強く影響を受けることから、図 2.4 に平滑銅管、平滑鋼管、そして本研究で使用した内面ら旋溝付鋼管の伝熱面表面をレーザー顕微鏡で撮影した写真を示す。また、参考として図の A-A 間の表面粗さの分布とその区間における平均粗さ、 R_a 、十点平均粗さ、 R_z 、最大高さ、 R_y 、の測定値を図下段に併記している。なお、内面ら旋溝付管については溝の頂部を撮影した。

図 2.4(a) に示す市販の平滑銅管の伝熱面の表面性状は非常に滑らかであるが、図 2.4(b) に示す平滑鋼管の表面性状は平滑銅管と比べて粗く、平均粗さは平滑管の約 2.7 倍を示している。さらに、図 2.4(c) に示す内面ら旋溝付鋼管では多数の欠傷が確認でき、平均粗さ、 R_a 、は平滑銅管の約 6.5 倍である。これは溝加工を施すことに起因するものと考えられる。これらの観察より本実験で使用する内面ら旋溝付鋼管では核沸騰の寄与分が増大し、熱伝達係数が通常より高くなることが予測される。

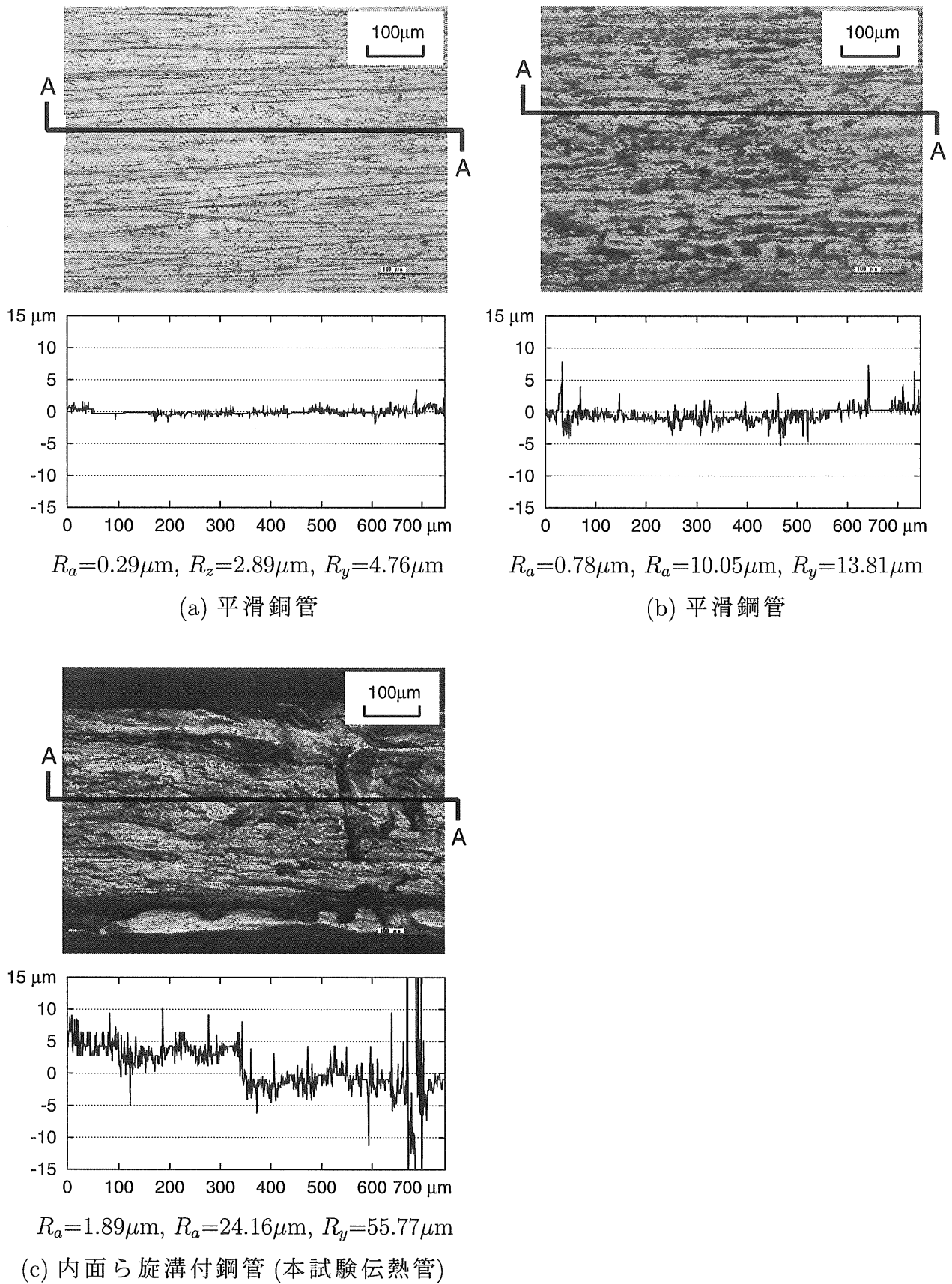
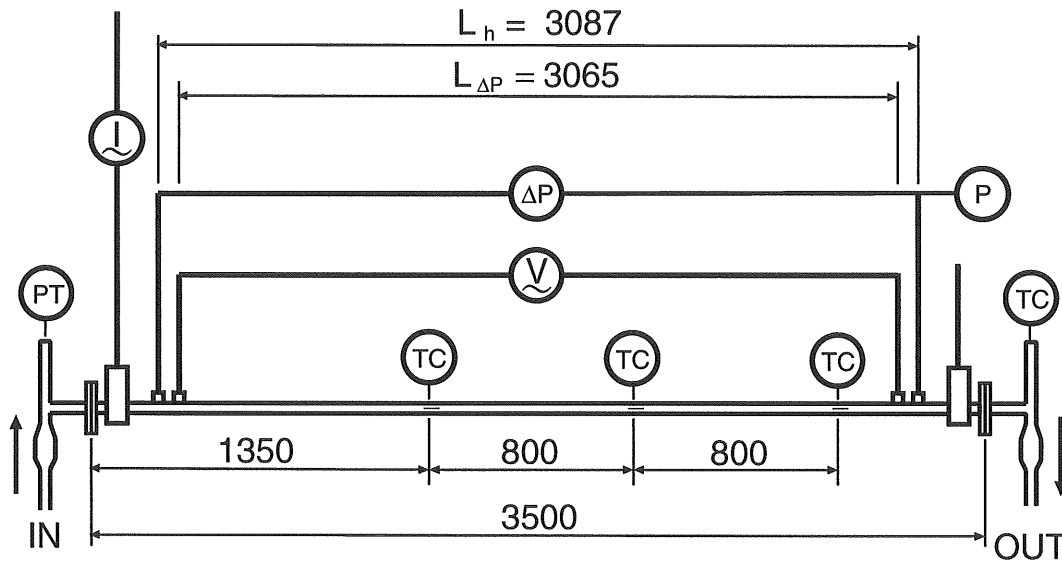


図 2.4 伝熱面の表面性状

2.3 測定方法

図 2.5 にテストセクションに取り付けた各センサーの位置を示す。テストセクション入口から 1350mm, 2150mm, 2950mm の位置に T 型熱電対を取り付け、試験伝熱管の管外表面温度を測定する。テストセクション出口に絶対圧力計を取り付け、管内の圧力を測定する。また、試験伝熱管の両端付近に圧力孔を設けて差圧計を取り付け、試験伝熱管全体の圧力損失を測定する。試験伝熱管の両端の電位差を測定するため、電圧測定用のビニール被覆線を図に示す位置に半田付けしている。テストループ内の冷媒循環量は図 2.1(3) の位置に取り付けた電磁流量計で測定する。



TC : Thermocouple

PT : Resistance thermometer

ΔP : Differential pressure transducer

P : Absolute pressure transducer

V : Volt meter

I : Current meter

図 2.5 テストセクションに取り付けたセンサー位置

2.3.1 試験伝熱管の管外表面温度

熱電対を図 2.6 に示すように試験伝熱管の管底から 60 度間隔に 6 対, テストセクション全体では 18 対を管外表面に取り付けている。熱電対は素線径 0.1mm の T 型熱電対 (銅 - コンスタantan) を使用し, それを管軸方向の同一断面上に半田付けした後, その上をエポキシ系の接着剤で薄く覆った。熱電対の検定は, 本研究で使用した試験伝熱管と材質および構造が同じ熱電対検定用のサンプルを製作し, それを使用して行った。サンプルの精度が $\pm 0.06\text{K}$ であることから, 試験伝熱管の管外表面温度の測定精度は $\pm 0.1\text{K}$ 程度と考えられる。

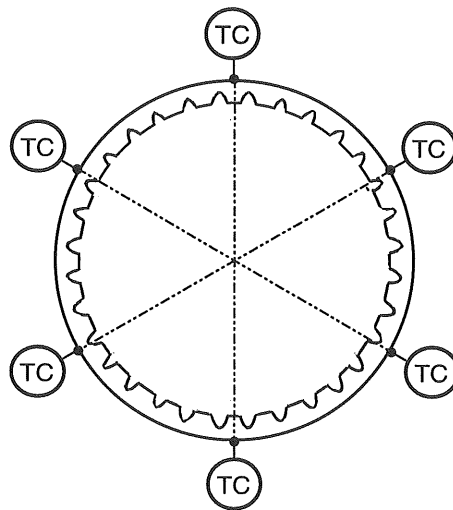


図 2.6 管周方向の熱電対の取り付け位置

2.3.2 予熱器入口の冷媒温度

予熱器入口の冷媒温度をポンプ出口に取り付けた白金測温抵抗体 (Pt100) により測定する。測温抵抗体の精度は検定結果より $\pm 1.0\text{K}$ 程度と考えられる。

2.3.3 テストセクション入口温度

テストセクション入口における冷媒の温度をテストセクション入口に取り付けた冷媒混合室で測定する。冷媒混合室は図 2.7 に示すように鉛直方向に取り付けられ, 冷媒は下側から上側へ流れる。本研究では冷媒を一方向にのみ循環させて実験を行うため, 冷媒混合室の出口にのみ白金測温抵抗体 (Pt100) を取り付けられている。

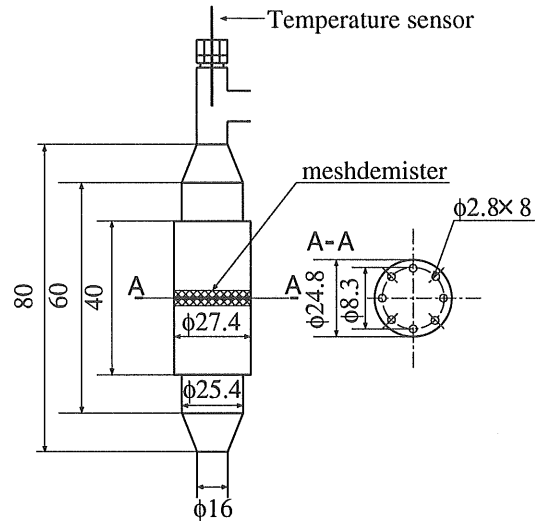


図 2.7 冷媒混合室

2.3.4 テストセクション出口の冷媒温度

テストセクション出口に図 2.7 と寸法および形状が同じ冷媒混合室を取り付け、混合室出口の冷媒の温度を測定する。温度測定には K 型熱電対 (クロメル - アルメル) を使用している。

2.3.5 流量

冷媒循環テストループ内に取り付けた容積式ギアポンプの下流側に質量流量計を取り付け流量を測定する。流量計には OVAL 社の電磁流量計を使用し、測定範囲の最大値は 150kg/h、測定精度は $\pm 1.5\text{kg/h}$ (フルスケールの 0.1%) である。

2.3.6 圧力および差圧

図 2.5 に示すようにテストセクション出口に歪ゲージ式の圧力変換器を取り付けて絶対圧力を測定する。絶対圧力計は試験流体の種類により付け替え、HCFC22 の場合にはフルスケール 2MPa、HCFC123 の場合にはフルスケール 0.5MPa のものを使用した。絶対圧力の測定精度はともにフルスケールの 0.1% である。

フルスケール $\pm 20\text{kPa}$ および $\pm 50\text{kPa}$ の歪ゲージ式の差圧センサーを図 2.5 に示す位置に取り付けて、テストセクション全体の圧力損失を測定する。差圧計の測定精度はフルスケールの 0.1% である。

2.3.7 試験伝熱管への加熱量

試験伝熱管への加熱量は試験伝熱管への投入電力を測定することで求まる。試験伝熱管両端の電位差と試験伝熱管を流れる電流をデジタルパワーメーターを用いて測定する。試験伝熱管両端の電位差については図 2.5 に示すように L_h 間を測定する。試験伝熱管には過大の電流が流れるため、CT 比が 300/1 の変流器を用いて電流を測定する。デジタルパワーメーターの測定誤差は、読み取り値の 0.1% と測定レンジの 0.1% の和で決まる。

2.3.8 予熱器への投入電力

予熱器への加熱量は予熱器への投入電力を測定することで求まる。予熱器に取り付けた電気ヒータの電圧と電流をデジタルパワーメーターを用いて測定する。

2.4 実験方法および条件

実験では、最初に冷媒冷却用ブライン循環ループを起動し、ブラインを冷却する。次に冷媒循環用テストループに取り付けた容積式マグネットギアポンプを起動し、冷媒循環量をポンプに接続されたインバータを用いて調整する。リザーバタンクを用いてテストループ内の冷媒充填量を調整することで、テストループ内を所定の圧力に設定する。圧力を所定の値に調整した後、試験伝熱管を加熱する。テストセクションへの加熱量は電圧調節器(ボルトスライダ)を用いて所定の電力に設定するが、冷媒を急激に蒸発させないように徐々に加熱する。その後、予熱器への投入電力を調整してテストセクション入口での冷媒のエンタルピを所定の値に設定する。予熱器は3つの加熱区間で構成されており、すべての区間で同じ加熱量になるように調整する。ブンライ槽内の温度を一定の値に維持するため、チーリングユニット内の冷媒流量とブライン槽内に取り付けた電気ヒーターを用いて調節する。テストセクションの圧力、差圧、テストセクションの入口および出口の冷媒温度、試験伝熱管の壁温、冷媒循環量およびブラインの温度をペンレーダーに出力させ、それらが15~20分間一定値を示し、十分に定常状態であることを確認した後、データ収録を行った。

データ収録の際、熱電対、測温抵抗体、圧力変換器、差圧変換器の各センサーから出力された直流電圧を自動切替器を通して最大分解能 $0.1\mu\text{V}$ のデジタルマル

チメータで計測する。自動切替器で測定対象を切替える際に発生するノイズが計測値に影響を与えないようにするため、切替直後から5回分の計測を無視し、その後、各センサー毎に表 2.2 に示すサンプリング数だけ連続して計測し、その平均値を測定値とした。なお、デジタルマルチメータでの1サンプリング当りの計測時間は0.2秒に設定して計測した。

表 2.2. サンプリング数

	サンプリング数
冷媒循環量	15
圧力	20
差圧	30
試験伝熱管壁面温度	30
予熱器入口温度	10
テストセクション入口温度	20
テストセクション出口温度	20

実験は、フロン系冷媒の HCFC123 と HCFC22 を用いて表 2.3 に示す範囲で行った。

表 2.3. 実験条件

Test fluid		HCFC123		HCFC22	
Pressure	[MPa]	0.2	0.3	0.8	1.1
Reduce pressure (P/P_c)	[-]	0.05	0.08	0.16	0.22
Mass velocity	[kg/(m ² ·s)]	100 ~ 300			
Heat flux	[kW/m ²]	5 ~ 25			
Vapor quality	[-]	0.1 ~ 0.8			

2.5 実験データの整理方法

2.5.1 熱流束

試験伝熱管における熱流束, q , を次式で定義した。

$$q = \frac{Q - \Delta Q}{A_h} \quad (2.1)$$

ここに, Q は試験伝熱管に投入した電力の測定値, A_h は試験伝熱管の平均内径, d_i , と電圧の測定区間 (図 2.2 参照), L_h , から算出した伝熱面積である。 ΔQ はテストセクションでの損失熱量で, あらかじめ試験伝熱管内に液単相流を流して実験を行い, 試験伝熱管への加熱量, Q , とテストセクション入口と出口での冷媒のエンタルピ差を求め, これらの値から熱収支により ΔQ を求めた。そして, この ΔQ に関して整理を行なった結果, 式 (2.2) を得た。測定値のばらつきより, この推算式の誤差は $\pm 10\text{W}$ 程度と考えられる。

$$\Delta Q = 1.85 \cdot \left(\frac{T_{\text{out}} + T_{\text{in}}}{2} - T_{\text{atm}} \right) + 2.27 \quad (2.2)$$

ここに, T_{in} , T_{out} はそれぞれテストセクションの入口温度と出口温度, T_{atm} はテストセクション周辺の大気温度である。熱流束の相対誤差, σ_q/q , は, 電力計の測定精度と熱損失の推算式の誤差および伝熱面積の誤差を基に推算すると, 熱流束が 5 kW/m^2 の場合は, 約 4%, 熱流束が 25 kW/m^2 の場合は, 約 1% と考えられる。

2.5.2 試験伝熱管の管内表面温度

試験伝熱管の管内表面における壁温, T_{wi} , は内部発熱を伴う半径方向の一次元定常熱伝導方程式から次式で求める。

$$T_{\text{wi}} = T_{\text{wo}} + \frac{H}{4\lambda_w}(r_o^2 - r_i^2) + \frac{H}{2\lambda_w}r_o \left(\ln \frac{r_i}{r_o} \right) \quad (2.3)$$

ここに, T_{wo} は管外表面における壁温の測定値, H は管壁内の単位体積当りの発熱量を示す。 λ_w は試験伝熱管の熱伝導率で, 本試験伝熱管と同じ材質のサンプル用いて熱伝導率を測定した結果, 約 $60\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ であった。管内表面における壁温の誤差は熱電対の検定結果より $\pm 0.1\text{K}$ 程度と考えられる。

2.5.3 冷媒の混合平均温度とクオリティの推算

管軸方向局所の冷媒の混合平均温度は管内の圧力の推算値から求める。壁温測定位置における圧力は試験伝熱管を図 2.8 に示すように小区間に分割し、以下に示す手順に沿って推算する。

1. 点0~4における冷媒のバルクエンタルピ, $h_{b [i]}$, を熱収支により求める。
2. テストセクション出口の圧力測定位置における熱力学平衡クオリティ, x_0 , を次に示すように熱収支を表す式より算出する。

$$x = \frac{h_b - h_l}{h_v - h_l} \quad (2.4)$$

ここに, h_l と h_v はそれぞれ冷媒の飽和液のエンタルピと飽和蒸気のエンタルピであり, 圧力より推算できる。

3. 管軸方向の圧力分布を直線で仮定し, 図の点1~4における圧力を絶対圧力の測定値と差圧の測定値から算出する。
4. 3. で求めた各点の圧力から飽和状態のエンタルピを求め, 式 (2.4) を用いてクオリティ, $x_1 \sim x_4$, の値を算出する。
5. 各セルにおける加速による損失, $\Delta P_{m [i]}$, と摩擦による損失, $\Delta P_{f [i]}$, を算出し, 全圧力損失, $\Delta P_i = P_{m [i]} + P_{f [i]}$ を求める。気液二相流において蒸気および液が流路断面積で一様と仮定した場合, 次に示す二相流の運動量の式より $\Delta P_{m [i]}$ は次式で求まる。

$$\begin{aligned} \Delta P_{m [i]} = P_{m [i]} - P_{m [i-1]} = & \left[\left\{ \frac{G^2 x_{[i]}^2}{\xi_{[i]} \rho_v [i]} + \frac{G^2 (1 - x_{[i]})^2}{(1 - \xi_{[i]}) \rho_l [i]} \right\} \right. \\ & \left. - \left\{ \frac{G^2 x_{[i-1]}^2}{\xi_{[i-1]} \rho_v [i-1]} + \frac{G^2 (1 - x_{[i-1]})^2}{(1 - \xi_{[i-1]}) \rho_l [i-1]} \right\} \right] \quad (2.5) \end{aligned}$$

ここに, ξ はボイド率を表わし, 本研究では以下に示す Smith [34] の式より算出する。

$$\xi = \frac{x}{x + \frac{\rho_v}{\rho_l} (1 - x) \left\{ 0.4 + 0.6 \sqrt{\frac{x \rho_l / \rho_v + 0.4 (1 - x)}{x + 0.4 (1 - x)}} \right\}} \quad (2.6)$$

摩擦による損失, $\Delta P_{f[i]}$, は以下に示す断熱二相流圧力損失の実験データを基に作成した摩擦圧力損失勾配の予測式より算出する。この式を導出した過程については第4章で詳しく述べる。

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_f = \Phi_1^2 \cdot \left(\frac{dP}{dz}\right)_1 = \left\{1 + 2.0 \left(\frac{1}{X_{tt}}\right)^{0.9}\right\}^2 \cdot \left(\frac{dP}{dz}\right)_1 \quad (2.7)$$

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_1 = \frac{2 C_f G^2 (1 - x_j)^2}{d_i \rho_1} \quad (2.8)$$

$$X_{tt} = \left(\frac{1 - x_j}{x_j}\right)^{0.9} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l}\right)^{0.5} \left(\frac{\mu_l}{\mu_v}\right)^{0.1} \quad (2.9)$$

$$C_f = 0.046 \left\{\frac{G(1 - x_j)}{\mu_l}\right\}^{-0.2} \left(\frac{d_i}{d_h}\right) (\sec \beta)^{0.75} \quad (2.10)$$

ここに、式(2.8)~(2.10)の x_j は各セルの平均クオリティで、セルの両端のクオリティの値を用いて $x_j = (x_{i+1} + x_i)/2$ として求める。

6. 手順5で算出したセル1~4の全圧力損失の総和, $\sum_{i=1}^N \Delta P_i$ と実験で得た圧力損失の測定値が一致するように、各セルの全圧力損失, ΔP_i を一律に補正する。補正した各セルの全圧力損失から点1~4の圧力を求め、各点の圧力が収束するまで手順4~6を繰り返す。

7. 得られた圧力から壁温測定位置における冷媒の飽和温度, T_{sat} を求める。

上記の手順は、テストセクション入口で冷媒が蒸発している場合の算出手順である。テストセクション入口で冷媒が過冷却の場合は、冷媒の蒸発開始点を考慮する必要がある、この点は管軸方向局所のエンタルピが飽和液のエンタルピ h_l と同じ値となる位置から求まる。この場合、図2.8に示したセルに蒸発開始点を含むセルを追加することで対応する。また、冷媒が過冷却の場合、上記の手順5における加速による損失は無視でき、摩擦による損失は以下に示すCarnavos [35]が提案した内面ら旋溝付管に対する液単相流摩擦係数の予測式より算出する。参考までにCarnavosの摩擦係数の予測式を以下に示す。

$$C_f = 0.046 \left(\frac{G d_i}{\mu}\right)^{-0.2} \left(\frac{d_i}{d_h}\right) (\sec \beta)^{0.75} \quad (2.11)$$

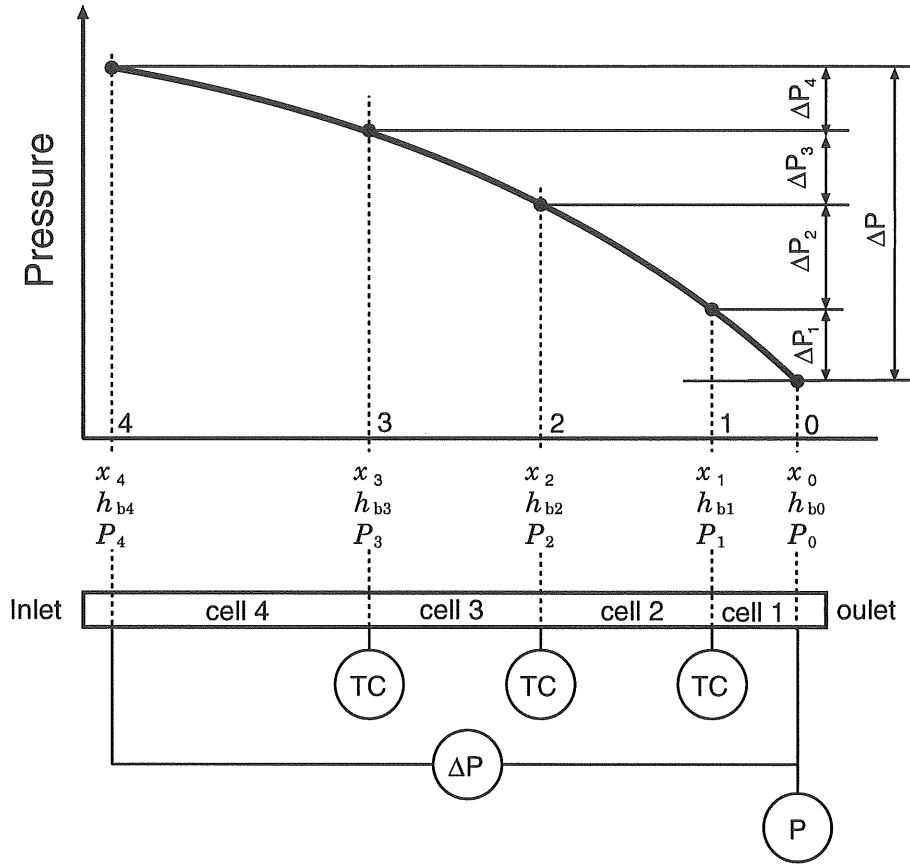


図 2.8 圧力の推算方法

飽和温度の推算誤差を、絶対圧力計、差圧計、飽和温度の推算式の精度より求めた結果を表 2.4 に示す。なお、冷媒の飽和温度および流体の物性値の算出には、NIST の REFPROP6.0 を使用した。

表 2.4. 飽和温度の精度

冷媒	実験圧力 P [MPa]	飽和温度 T_{sat} [°C]	飽和温度の正確度 $\sigma_{T_{\text{sat}}}$ [K]
HCFC123	0.2	48.05	± 0.20
	0.3	61.69	± 0.20
HCFC22	0.8	15.46	± 0.23
	1.1	26.95	± 0.19

2.5.4 管周平均熱伝達係数

管軸方向局所の管周平均熱伝達係数を次式で定義する。

$$\alpha = \frac{q}{T_{wi} - T_{sat}} \quad (2.12)$$

ここに q は式(2.1)から求まる管内表面における平均熱流束である。 T_{wi} は管内表面の管周平均温度であり、式(2.3)から算出した6点の管内表面における壁温の推算値を算術平均して求めた。 T_{sat} は壁温測定位置における圧力の推算値から求まる冷媒の飽和温度である。

熱伝達係数の誤差は次のように見積もった。式(2.12)の右辺分母に示す過熱度、 $T_{wi} - T_{sat}$ 、の正確度、 $\sigma_{\Delta T}$ 、は次式で求まる。

$$\sigma_{\Delta T}^2 = \sigma_{T_{wi}}^2 + \sigma_{T_{sat}}^2 \quad (2.13)$$

ここに、 $\sigma_{T_{wi}}$ は壁温の正確度、 $\sigma_{T_{sat}}$ は冷媒の飽和温度の正確度である。熱伝達係数の相対誤差は誤差伝播の法則より次式で算出できる。

$$\left(\frac{\sigma_{\alpha}}{\alpha}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta T}}{\Delta T}\right)^2 \quad (2.14)$$

ここに σ_q は熱流束の正確度である。式(2.14)に式(2.13)を代入して整理すると、次式が得られる。

$$\left(\frac{\sigma_{\alpha}}{\alpha}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{T_{wi}}}{\Delta T}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{T_{sat}}}{\Delta T}\right)^2 \quad (2.15)$$

例えば、熱流束が 5 kW/m^2 、圧力が 1.1 MPa 、過熱度が 1 K における熱伝達係数の相対誤差は $\pm 21\%$ 程度と考えられる。

第3章 液単相流の流動と伝熱の実験

管内蒸発流の実験に先立って、液単相流における流動と伝熱の実験を行い、実験装置および測定機器の妥当性を検証した。さらに、蒸発熱伝達係数における強制対流の寄与分を予測するときの基礎となる液単相流熱伝達係数の予測式を作成した。本章では、それらの結果について述べる。

3.1 圧力損失

3.1.1 実験条件および方法

実験条件を表 3.1 に示す。実験ではテストセクションの入口温度が 20°C となるように予熱器への加熱量を調節し、テストセクションは非加熱の状態で行った。

表 3.1. 液単相流圧力損失の実験条件

冷媒	圧力 P [MPa]	質量速度 G [kg/(m ² ·s)]	Re [-]	テストセクション入口温度 T_{in} [°C]
HCFC123	0.2	100~380	3000 ~ 11000	20
HCFC22	1.1		6000 ~ 24000	

実験では十分発達した状態での圧力損失, ΔP , を差圧計で測定し、次式で摩擦係数, C_f , を算出する。

$$C_f = \left(-\frac{\Delta P}{\Delta z} \right) / \left(\frac{2G^2}{d_i \rho} \right) \quad (3.1)$$

ここに、 Δz は差圧の測定区間長さ、 d_i は内面ら旋溝付管の平均内径、 ρ は密度である。

3.1.2 結果および考察

Carnavos [35] は8種類の内面ら旋溝付管, 3種類のフィン付き管および3種類の平滑管を用いて液单相流圧力損失の実験を行い, 得られた実験データを基に摩擦係数を次のように整理している。

$$C_f = 0.046 Re^{-0.2} \left(\frac{d_i}{d_h} \right) (\sec \beta)^{0.75} \quad (3.2)$$

ここに, β はリード角, d_h は水力相当直径である。Carnavosの式の適応範囲は整理した実験データの測定条件から $10,000 < Re < 100,000$, $0.7 < Pr < 30$, $0 < \beta < 30$ と考えられる。

式(3.1)から求めた摩擦係数の測定値と式(3.2)に示したCarnavosの式から算出した摩擦係数の予測値を図3.1に示す。レイノルズ数が9000以下の摩擦係数の測定値は, Carnavosの式による予測値と同程度の値を示しており, レイノルズ数が9000より大きい領域では若干高い値を示している。このことから本試験伝熱管の場合, 高レイノルズ数の領域における溝の攪乱効果はCarnavosの式が想定するよりも幾分か大きいと考えられる。いずれにせよ, 本試験伝熱管での摩擦係数は Re が3000~20000の範囲内ではCarnavosの式による予測値と $\pm 15\%$ の範囲内で一致していることから, 流量, 差圧および圧力の測定は妥当であると考えられる。

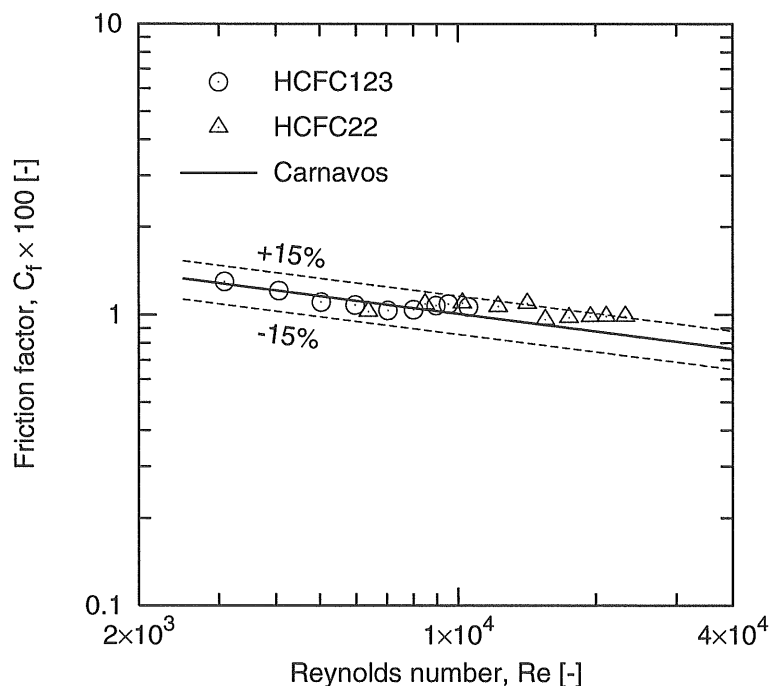


図 3.1 液单相流摩擦係数

3.2 熱伝達係数

3.2.1 実験条件および方法

冷媒がテストセクション内で蒸発しないように、試験伝熱管への加熱量を調整して実験を行った。表 3.2 に実験条件を示す。

表 3.2. 液单相流熱伝達の実験条件

冷媒	圧力 P [MPa]	質量速度 G [kg/(m ² ·s)]	Re [-]	加熱量 Q [W]
HCFC123	0.2,0.3	100~380	3000 ~ 11000	220~1350
HCFC22	1.1		6000 ~ 24000	

液单相流の熱伝達係数を次式で定義する。

$$\alpha = \frac{q}{T_{wi} - T_{fluid}} \quad (3.3)$$

ここに、 q は熱流束、 T_{wi} は管内表面の平均温度、 T_{fluid} は壁温を測定した位置における冷媒の混合平均温度である。本実験のように熱流束一様加熱の場合、管内を流れる流体の管軸方向の温度分布は加熱開始点から流れ方向に沿って直線的に上昇する。このことから、壁温の測定位置での冷媒の混合平均温度、 T_{fluid} は、テストセクション入口および出口の冷媒混合室で測定した温度を用いて直線補間により算出した。

3.2.2 測定結果

図 3.2 に圧力 0.21 MPa、質量速度 221 kg/(m²·s)、熱流束 1.7 kW/m² における HCFC123 の測定結果を示す。図の横軸は管軸方向の位置を示し、 $z = 0.0$ および $z = 3.5$ はそれぞれテストセクションの入口と出口の位置を表す。また、図中の●印は管内表面における管周平均温度、□印は冷媒の混合平均温度を示している。壁温の測定値は管軸方向に沿って $T_{wi} - T_{fluid}$ の値を一定に保ちながら上昇しており、これは熱流束一様加熱の場合の典型的な管軸方向の温度分布を示している。以上より、壁温とテストセクション入口および出口の冷媒温度の測定は妥当と考えられる。

図 3.3 は、実験データ毎の熱収支、 Q_{rec}/Q 、を示したものである。 Q_{rec} はテストセクション入口と出口のエンタルピ差から求めた熱量、 Q はテストセクションへの

投入電力の測定値である。 Q_{rec}/Q は95～105%の値を示していることから、伝熱の実験を実施するにあたって差支えないと考えられる。

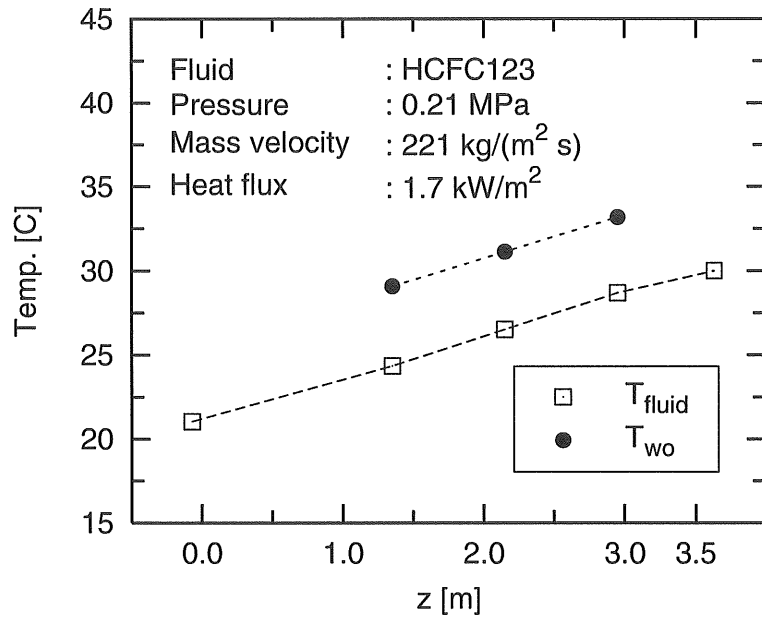


図 3.2 液单相流熱伝達実験における管軸方向の温度分布

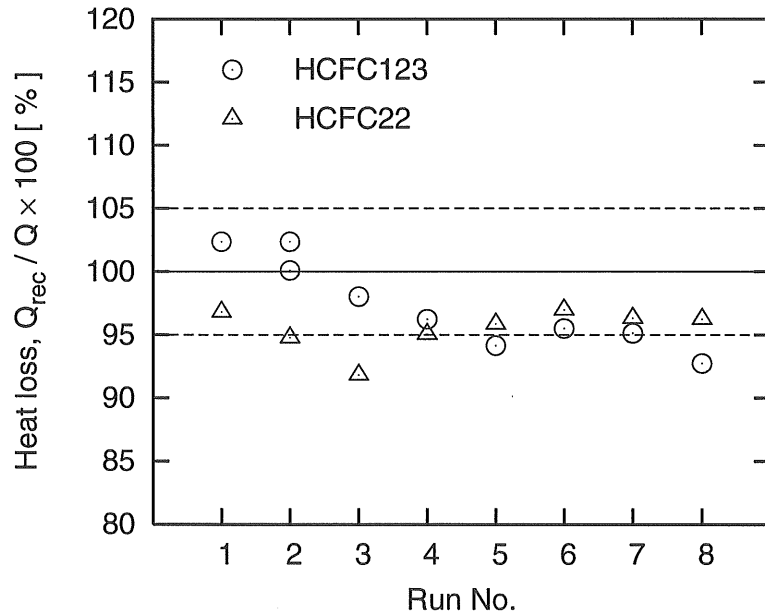


図 3.3 テストセクションでの損失熱量

3.2.3 熱伝達係数の予測式

熱伝達係数の測定値と次式に示す平滑管に対して提案されたDittus-Boelter [11]の液单相流熱伝達係数の予測式から算出した計算値を図 3.4に示す。

$$\alpha = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4} \left(\frac{\lambda}{d_i} \right) \quad (1 \times 10^4 < Re < 1 \times 10^5) \quad (3.4)$$

層流から乱流への遷移域である $Re < 6000$ での熱伝達係数の測定値は平滑管に対する予測式による計算値と同程度の値を示しているが、完全に乱流となる $Re > 10000$ では溝の効果が顕著となり、平滑管に対する予測値に対して約70%高い値を示している。

内面ら旋溝付管を対象とした従来の研究においてもDittus-Boelterの形式で熱伝達係数が整理されていることが多く、本研究においても同じ手法で実験データ整理する。溝の影響が十分に顕れる $Re > 10000$ の実験データを用いて整理した結果、以下の液单相流熱伝達係数の予測式を得た。

$$\alpha = 0.040Re^{0.8}Pr^{0.4} \left(\frac{\lambda}{d_i} \right) \quad (3.5)$$

熱伝達係数の測定値と上式から算出した予測値との偏差を次式で求めると、 $AD = 4.6\%$ 、 $MD = 5.0\%$ である。

$$AD = \frac{1}{N} \sum \left(\frac{\alpha_{\text{cal}} - \alpha_{\text{exp}}}{\alpha_{\text{exp}}} \right) \times 100 \quad (3.6)$$

$$MD = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{\alpha_{\text{cal}} - \alpha_{\text{exp}}}{\alpha_{\text{exp}}} \right| \times 100 \quad (3.7)$$

$$(3.8)$$

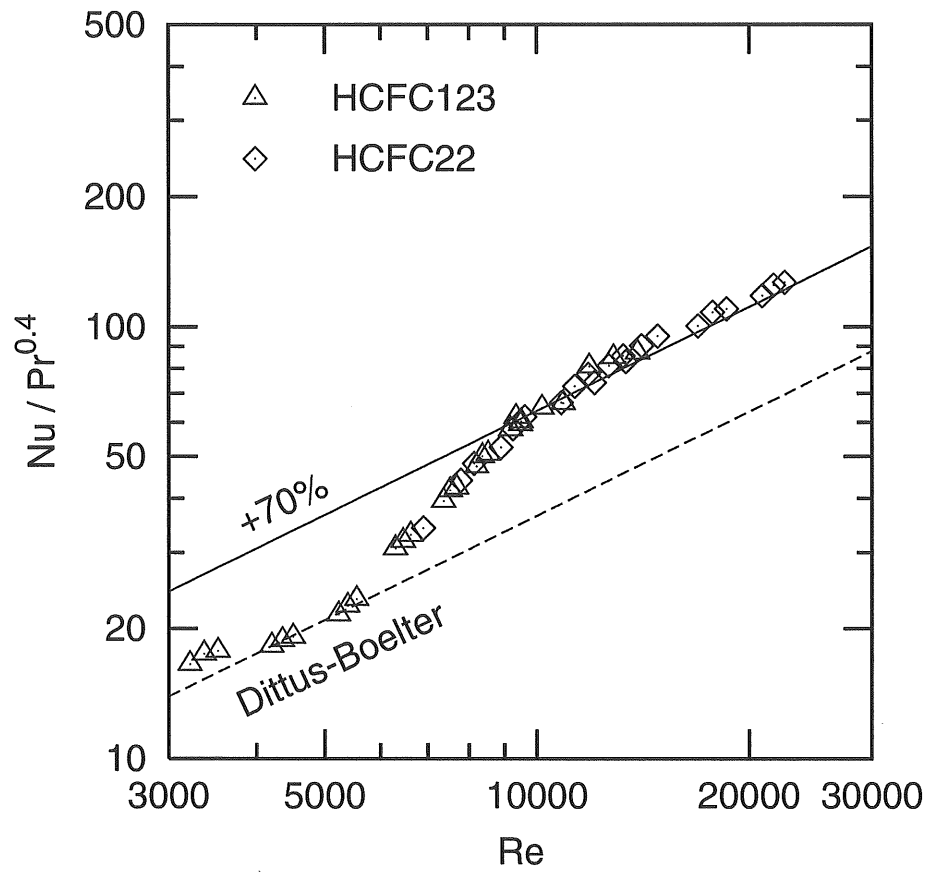


図 3.4 測定値と Dittus-Boelter の式との比較

3.3 まとめ

冷媒 HCFC123 と HCFC22 を用いて液单相流の水平内面ら旋溝付管内の流動と伝熱の実験を行い, 以下の結論を得た。

1. 本実験で使用した内面ら旋溝付管の摩擦係数は Carnavos の式を用いて $\pm 15\%$ の範囲内で予測できる。
2. 内面ら旋溝付管内の液单相流熱伝達係数を Dittus-Boelter の形式で整理した結果, $MD = \pm 5\%$ で予測する式 (3.5) を得た。
3. 液单相流熱伝達の流動および伝熱の実験を通じて, 本実験装置および測定機器は妥当であることを確認した。

第4章 気液二相流の流動と伝熱の実験

4.1 断熱気液二相流圧力損失

図 4.1 に示すように、水平管内蒸発流における全圧力損失は摩擦による圧力損失, ΔP_f , と加速による圧力損失, ΔP_m , の和で表わせる。

$$\Delta P = \Delta P_f + \Delta P_m \quad (4.1)$$

加速による圧力損失, ΔP_m , は、蒸気および液の速度が同じ速度で流れると仮定した場合、二相流の運動方程式より式(2.5)で求まる。 ΔP_f は流動様相、粘性係数や密度などの流体の物性値、さらに内面ら旋溝付管の場合は溝の形状に依存することから、理論的に求めることは難しく、実験データを基に作成された予測式を用いて求めることが多い。これまで摩擦圧力損失勾配に関する予測式はいくつか提案されているが、それらの式の適用範囲外では摩擦圧力損失勾配を過大もしくは過小に評価する可能性がある。

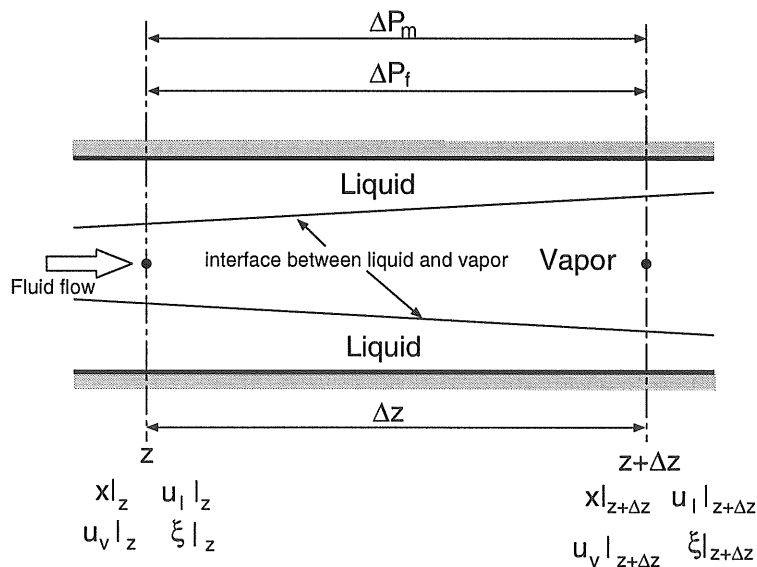


図 4.1 蒸発二相流における圧力損失

本実験の目的は、本試験伝熱管における摩擦圧力損失勾配を測定し、従来の摩擦圧力損失勾配の予測式との比較を行うとともに、本試験伝熱管に対する摩擦圧力損失勾配の予測式を作成することである。この予測式を用いることにより、管内蒸発熱伝達の実験データから管軸方向の圧力分布をより精度良く推測することが可能となる。

4.1.1 実験条件および結果

実験では、加速による損失が差圧の測定値に含まれないようにするため、テストセクションには熱を加えないの状態(断熱気液二相流)で行った。質量速度、圧力、クオリティに関する実験条件を表4.1に示す。

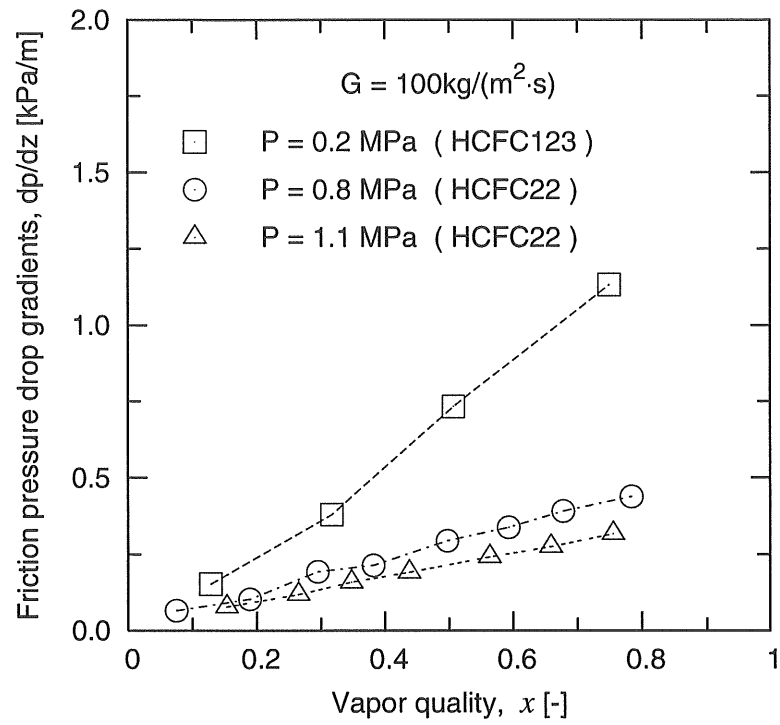
表 4.1. 断熱二相流圧力損失の実験条件

Test fluid		HCFC123		HCFC22	
Pressure, P	[MPa]	0.2	0.3	0.8	1.1
Mass velocity, G	[kg/(m ² ·s)]	100, 200	250	100, 200, 300	
Vapor quality, x	[-]	0.1 ~ 0.8			

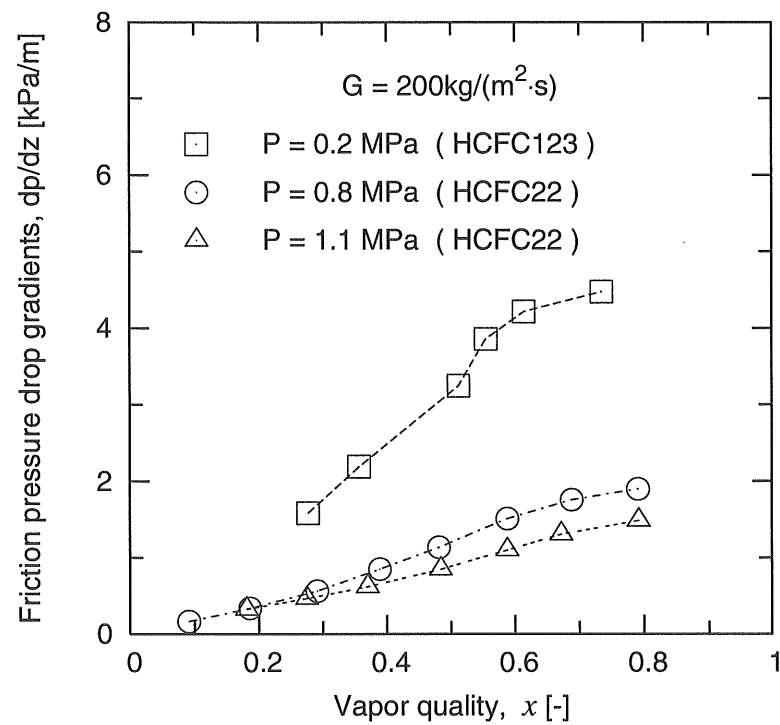
図4.2に圧力をパラメータとし、圧力損失勾配の測定値をクオリティに対して示す。図4.2(a)(b)(c)(d)では質量速度の条件が異なり、それぞれ100, 200, 250, 300 kg/(m²·s)での測定値を示している。いずれの質量速度においても、クオリティが増大すると、圧力損失勾配は増大している。これはクオリティが増大することにより、管内を流れる冷媒の速度が速くなるためである。また、質量速度が増大すると圧力損失勾配は増大している。

圧力の影響を図4.2(a)に示す質量速度100 kg/(m²·s)の測定結果を用いて考察すると、クオリティが0.2付近の圧力損失勾配はいずれの圧力においてもほぼ同じ値を示している。クオリティが増大すると、圧力が1.1MPaでは緩やかに増大するのに対し、圧力が0.2MPaでは急激に増大している。そして、 $x \simeq 0.8$ 付近では、0.2MPaの圧力損失勾配は1.1MPaの場合と比べて約3倍高い値を示している。このような傾向はいずれの質量速度においても同じである。これは、圧力が低い条件では蒸気密度は小さくなるため、同じ質量速度で冷媒が流れた場合、低圧条件になる程、冷媒の平均速度は速くなる。その結果、摩擦による圧力損失は増大する。ちなみに、管内の液と蒸気が同じ速度で流れると仮定し、質量速度100

kg/(m²·s), クオリティ0.5における冷媒の平均速度を計算すると, $P=0.2\text{MPa}$ では4.1m/s, $P=1.1\text{MPa}$ では1.1m/sとなり, $P=0.2\text{MP}$ の方が約3.7倍 $P=1.1\text{MP}$ の場合より速くなる。

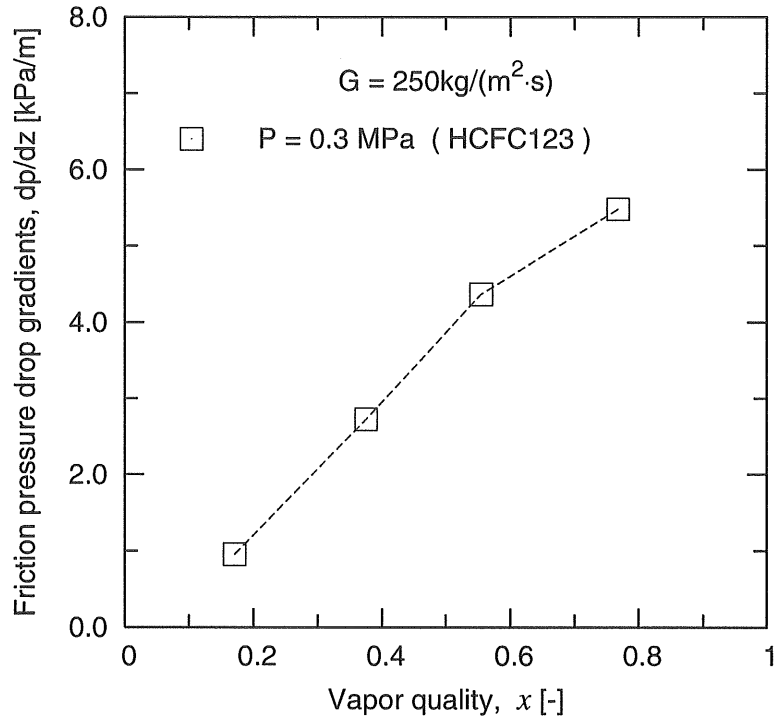


(a) 質量速度 $100 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

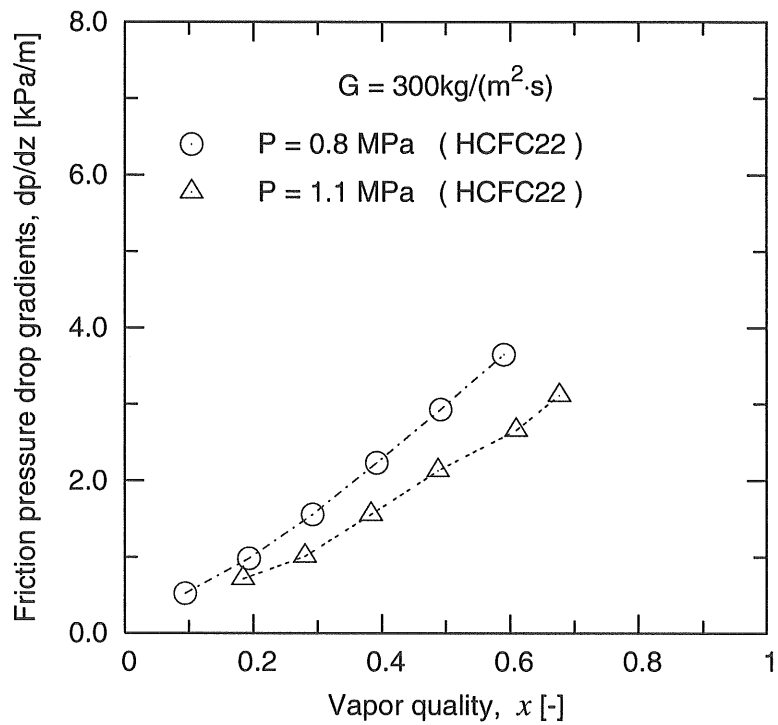


(b) 質量速度 $200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

図 4.2 断熱気液二相流での圧力損失の測定結果



(c) 質量速度 250 kg/(m²·s)



(d) 質量速度 300 kg/(m²·s)

図 4.2 断熱気液二相流での圧力損失の測定結果

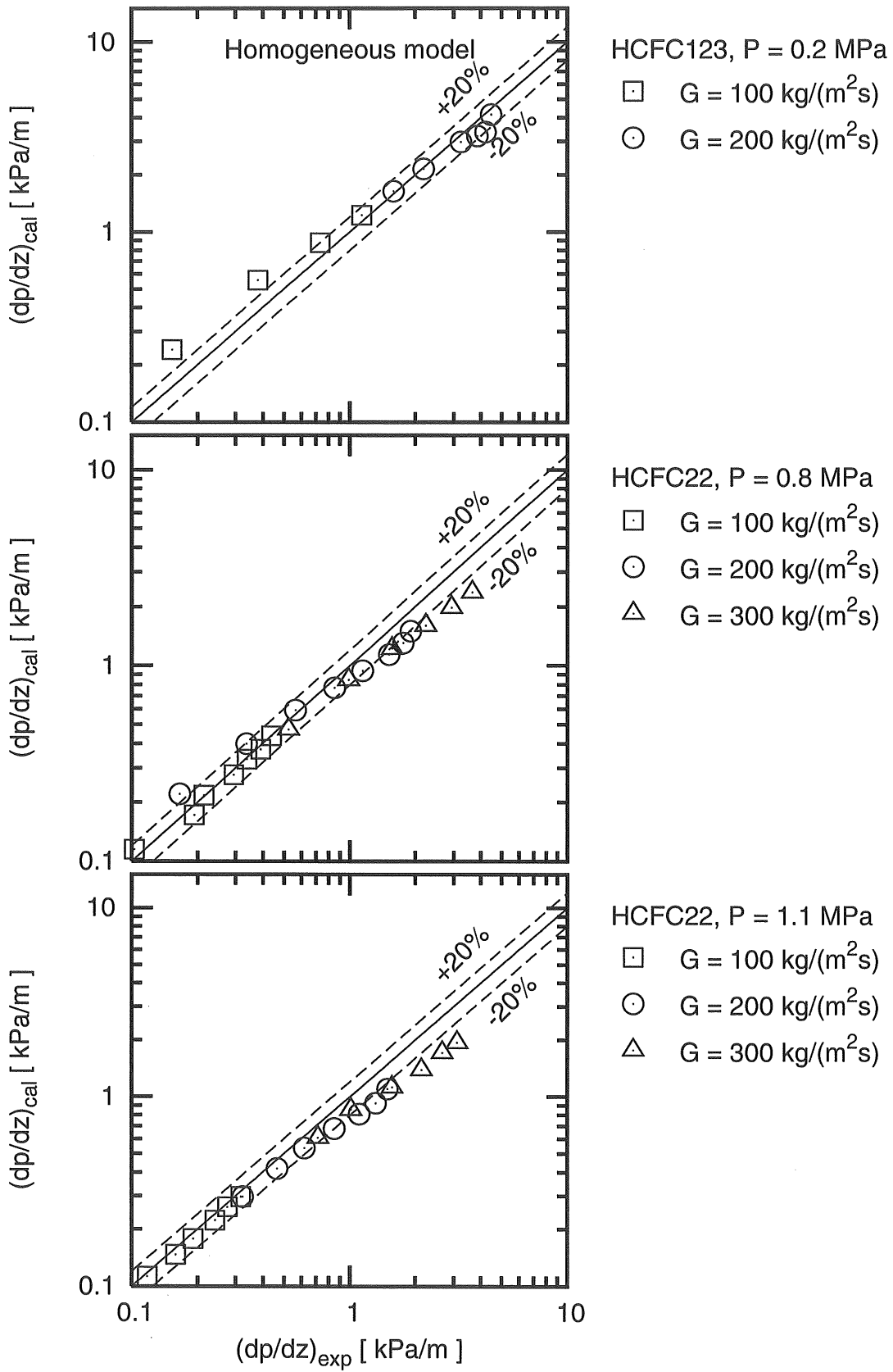
4.1.2 従来の式との比較

図 4.3 に圧力損失勾配の測定値と予測値との比較を示す。図の上段, 中段, 下段は圧力の条件が異なり, それぞれ 0.2, 0.8, 1.1MPa である。

図 4.3(a) に示す均質流モデルで算出した予測値と測定値との比較を示す。なお, 均質流モデルで圧力損失勾配を算出する際, 二相平均粘性係数は液の粘性係数を用い, 液単相流における摩擦係数は内面ら旋溝付管に対して提案された Carnavos [35] の式を用いて算出した。均質流モデルにより算出した予測値は, 圧力 0.2MPa における高流量域の測定値と圧力 0.8MPa および 1.1MPa における低流量域の測定値と良く一致しているが, 広い範囲で測定値を良好に予測することはできない。

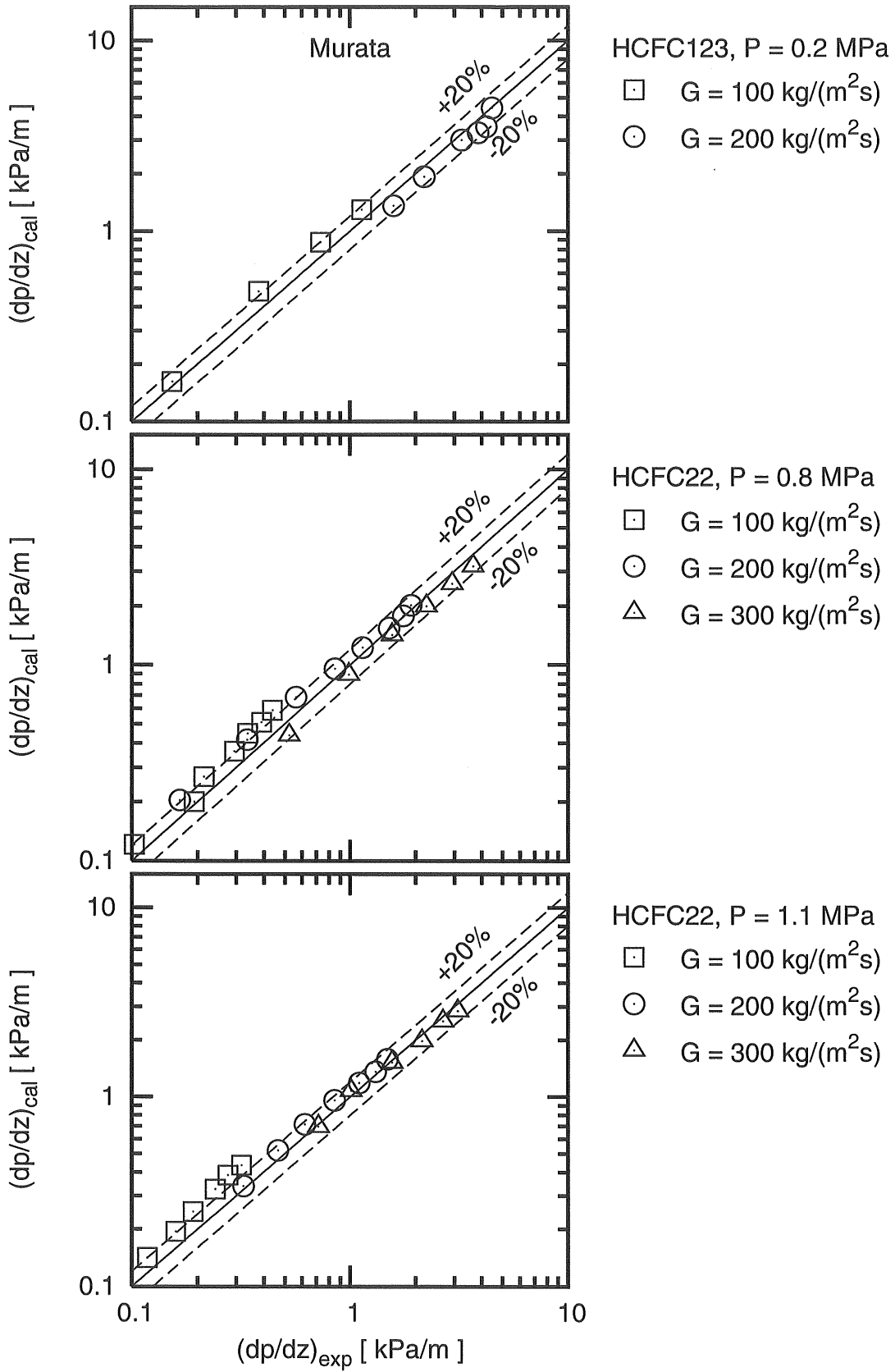
村田 [32] の式から算出した予測値との比較を図 4.3(b) に示す。村田は内径 10.7mm の内面ら旋溝付管を用いて圧力 0.2MPa での摩擦圧力損失勾配を測定し, 実験で得た測定値を用いて予測式を作成している。したがって, 予測式の適用範囲に近い圧力 0.2MPa の測定値に対してはいづれの質量速度においても予測値と $\pm 20\%$ の範囲内で一致している。圧力 0.8MPa, 1.1MPa における予測値は, 質量速度が $100 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ の測定値に対して若干高い値を示すが, 質量速度 $200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ および $300 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ では $\pm 20\%$ の範囲で予測している。

図 4.3(c) に示す木戸ら [24] の式から算出した予測値は, いづれの圧力および質量速度においても低クオリティ域では測定値より高く, 高クオリティ域では比較的一致する傾向を示している。いづれにせよ, 均質流モデルおよび村田の式の方が本実験データを良好に予測している。



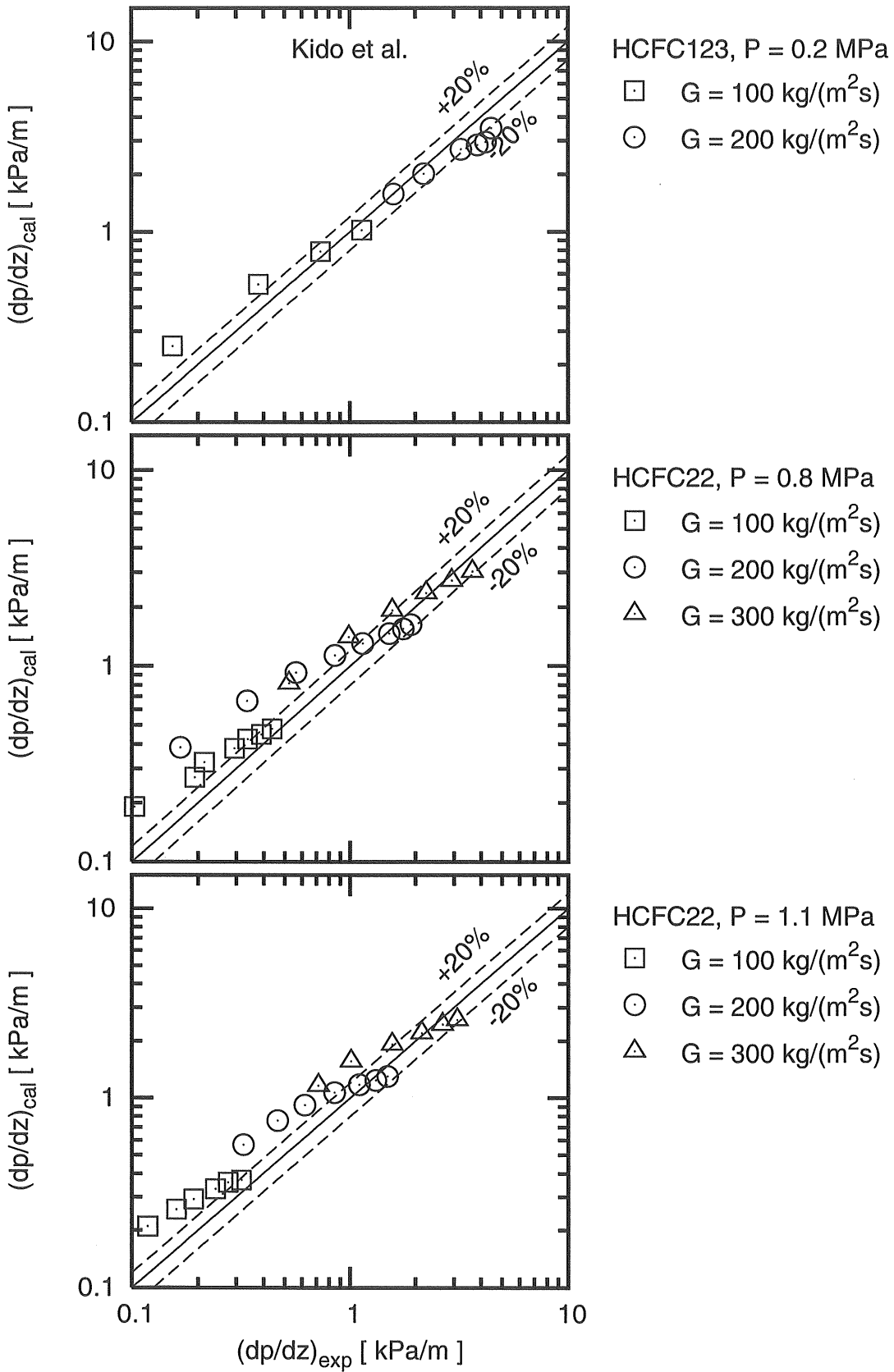
(a) 均質流モデル

図 4.3 摩擦圧力損失勾配の予測値と測定値との比較



(b) 村田の式

図 4.3 摩擦圧力損失勾配の予測値と測定値との比較



(c) 木戸らの式

図 4.3 摩擦圧力損失勾配の予測値と測定値との比較

4.1.3 摩擦圧力損失勾配の整理

後述する管内蒸発熱伝達の実験では、熱伝達係数を求めるために管軸方向局所の冷媒の飽和温度を知る必要があり、この飽和温度は圧力から求めることができる。したがって、管軸方向の圧力分布を精度良く予測することが、熱伝達係数の測定精度の向上につながる。そこで、本節では本試験伝熱管に対する摩擦圧力損失勾配の予測式を作成する。

管内気液二相流の摩擦圧力損失勾配はLockhalt-Martinelliの相関に基づいた整理が行われることが多い。以下にLockhalt-Martinelliの相関を用いた整理方法を簡単に記す。

摩擦による圧力損失を次のパラメータを用いて整理する。

$$\Phi_1 = \sqrt{\frac{(dP/dz)_{tp}}{(dP/dz)_l}} \quad (4.2)$$

$$X_{tt} = \sqrt{\frac{(dP/dz)_l}{(dP/dz)_v}} \quad (4.3)$$

ここに、 Φ_1 は二相摩擦増倍係数、 $(dP/dz)_{tp}$ は二相流における摩擦圧力損失勾配、 $(dP/dz)_l$ は液のみが管内を満して流れる場合の摩擦圧力損失勾配、 $(dP/dz)_v$ は蒸気のみが管内を満して流れる場合の摩擦圧力損失勾配である。また、 X_{tt} はLockhalt-Martinelliパラメータで、Colburnの液単相流摩擦係数の予測式を用いて $(dP/dz)_l$ と $(dP/dz)_v$ を求め、それぞれを式(4.3)に代入して整理すると次式で表せる。

$$X_{tt} = \left(\frac{1-x}{x}\right)^{0.9} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l}\right)^{0.5} \left(\frac{\mu_l}{\mu_v}\right)^{0.1} \quad (4.4)$$

従来の研究では Φ_1 を X_{tt} で整理されていることが多く、前節で本実験データとの比較に用いた村田 [32]の式および木戸ら [24]の式もこの方法で整理されている。本研究においても同様の方法で二相流における摩擦圧力損失勾配を整理する。

図4.4に摩擦圧力損失勾配の測定値から求めた二相摩擦増倍係数、 Φ_1 、と $1/X_{tt}$ の関係を示す。なお、式(4.2)の液のみが管内を流れる場合の摩擦圧力損失勾配、 $(dP/dz)_l$ は、内面ら旋溝付管に対して提案されたCarnavos [35]の液単相流摩擦係数の予測式を用いて算出した。図より Φ_1 の測定値は $1/X_{tt}$ に対して良くまとまっ

ている。以上より、 Φ_1 を次式で整理した。

$$\Phi_1 = 1 + 2.0 \left(\frac{1}{X_{tt}} \right)^{0.9} \quad (4.5)$$

摩擦圧力損失勾配の測定値と予測値との偏差を次式で算出すると、 $AD = -2.8\%$ 、 $MD = 13.6\%$ である。

$$AD = \frac{1}{N} \sum \left\{ \frac{(dp/dz)_{cal} - (dp/dz)_{exp}}{(dp/dz)_{exp}} \right\} \times 100 \quad (4.6)$$

$$MD = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{(dp/dz)_{cal} - (dp/dz)_{exp}}{(dp/dz)_{exp}} \right| \times 100 \quad (4.7)$$

以上より、式(4.5)に示した二相摩擦増倍係数と Carnavos の液単相流摩擦係数の予測式を用いて、管内蒸発熱伝達の実験データから管軸方向の圧力分布を推測する。

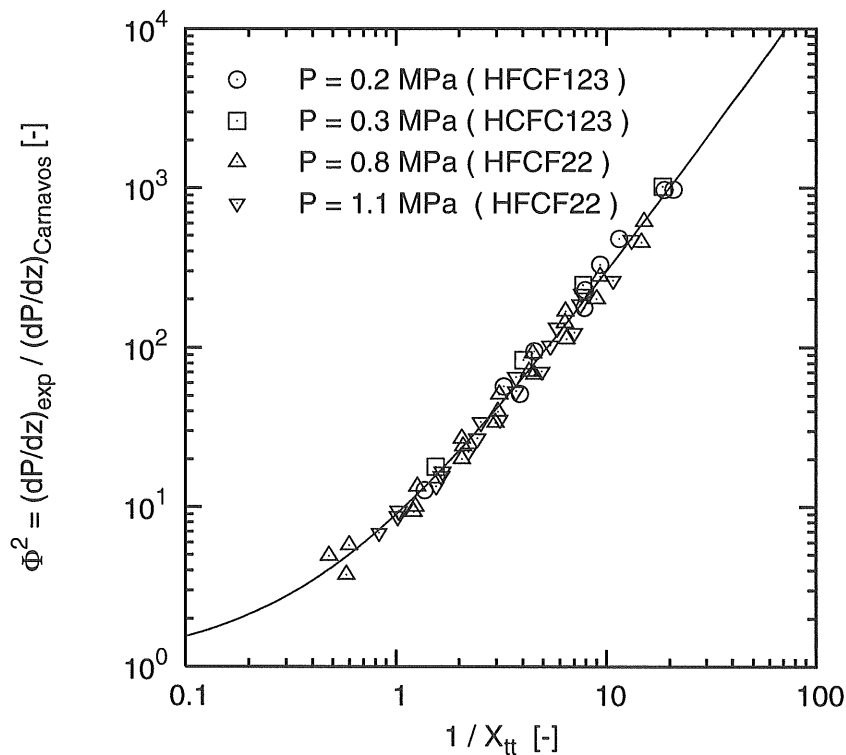


図 4.4 二相摩擦増倍係数, Φ^2 , と Lockhart-Martinelli パラメータ, X_{tt} , の関係

4.2 管内蒸発流における管周平均熱伝達係数

4.2.1 実験条件および測定結果

管内蒸発熱伝達に関する実験条件を表4.2に示す。HCFC22に対する圧力の条件は実際の冷凍機や空調機の運転条件よりも高いが、本研究の目的は広い圧力範囲での流動様相と熱伝達特性を解明することであるので、実験装置および圧力計の許容範囲内で圧力の条件を決定した。

表 4.2. 蒸発熱伝達に関する実験条件

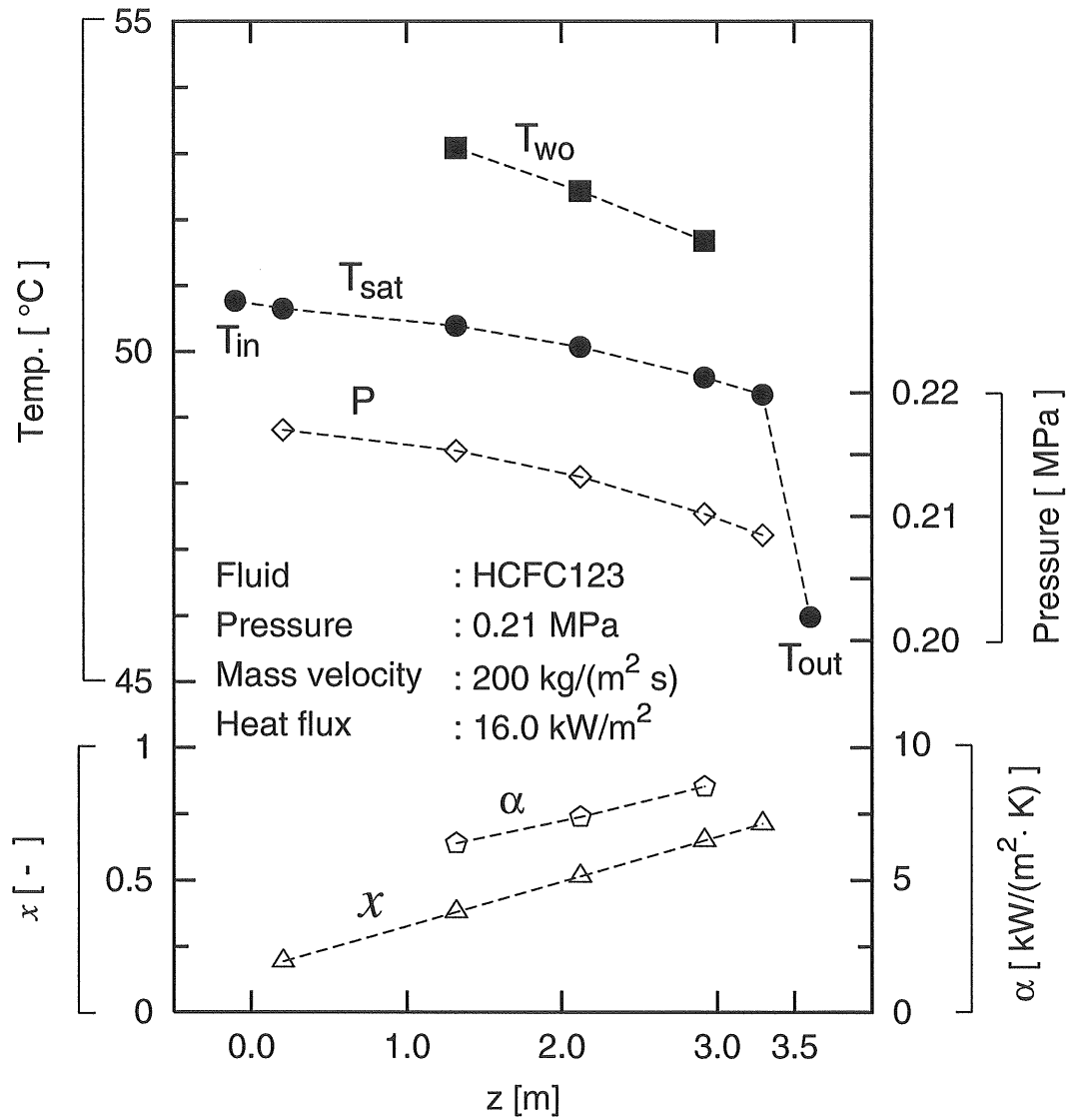
Test fluid		HCFC123		HCFC22	
Pressure	[MPa]	0.2	0.3	0.8	1.1
Mass velocity	[kg/(m ² ·s)]	100~200	250	100 ~ 300	
Heat flux	[kW/m ²]	5 ~ 25			
Vapor quality	[-]	0.1 ~ 0.8			

図4.5にHCFC123とHCFC22の測定結果の代表例を示す。図に示した実験データの測定条件は両冷媒ともに、質量速度が200 kg/(m²·s)、熱流束が16 kW/m²、テストセクション入口でのクオリティが約0.2である。図の横軸は管軸方向の位置を表し、 $z = 0.0$ および $z = 3.5$ はそれぞれテストセクションの入口と出口の位置を示す。図には圧力の推算値、 P 、冷媒の飽和温度、 T_{sat} 、管外表面における管周平均温度、 T_{wo} 、テストセクション出入口の混合室での冷媒の温度、 T_{in} 、 T_{out} 、クオリティ、 x 、管周平均熱伝達係数、 α 、を示している。

図4.5(a)に圧力0.2MPaでのHCFC123の測定結果を示す。管内の圧力、 P 、は圧力損失により流れ方向に沿って低下し、それに伴って冷媒の飽和温度、 T_{sat} 、も低下している。テストセクション出口の混合室での冷媒温度、 T_{out} 、は急激に低下している。これは冷媒の混合平均温度を測定するためのK型熱電対が混合室の出口に取り付けられており、混合室で生じる大幅な圧力損失が温度低下の原因である。クオリティ、 x 、は、本実験のように熱流束一様加熱の場合は管軸方向に沿って直線的に増大する。また、管周平均熱伝達係数、 α 、は流れ方向に対して緩やかに増大している。

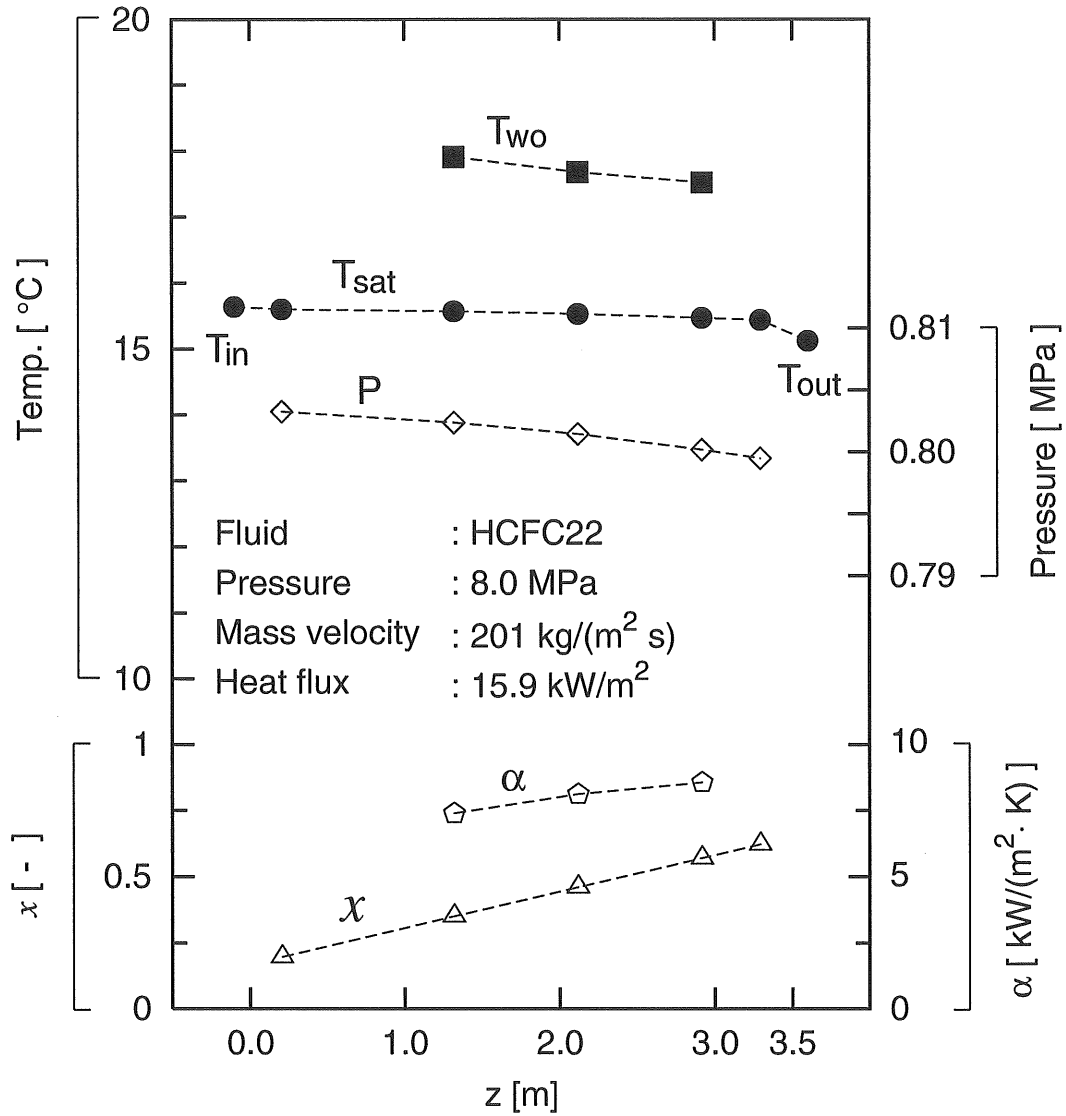
図4.5(b)に示すHCFC22の測定結果はHCFC123の場合とほぼ同様の傾向を示すが、圧力の降下がHCFC123の場合と比べて小さい。高圧になると蒸気密度が大きくなることで冷媒の平均速度が遅くなり、その結果、摩擦による圧力損失が低下

するためである。



(a) HCFC123

図 4.5 管内蒸発熱伝達の実験結果の代表例



(b) HCFC22

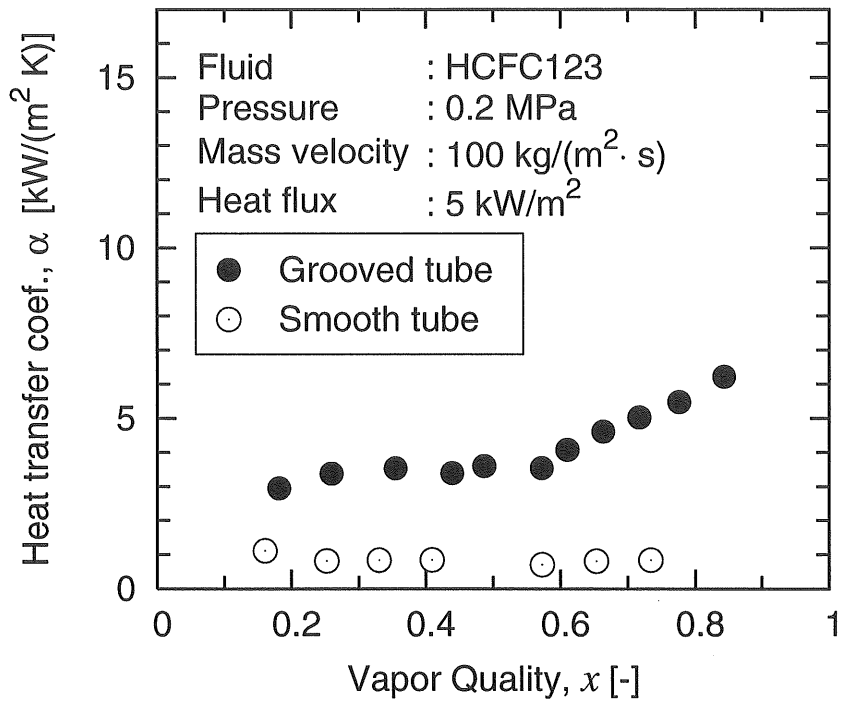
図 4.5 管内蒸発熱伝達の実験結果の代表例

4.2.2 溝による伝熱促進効果

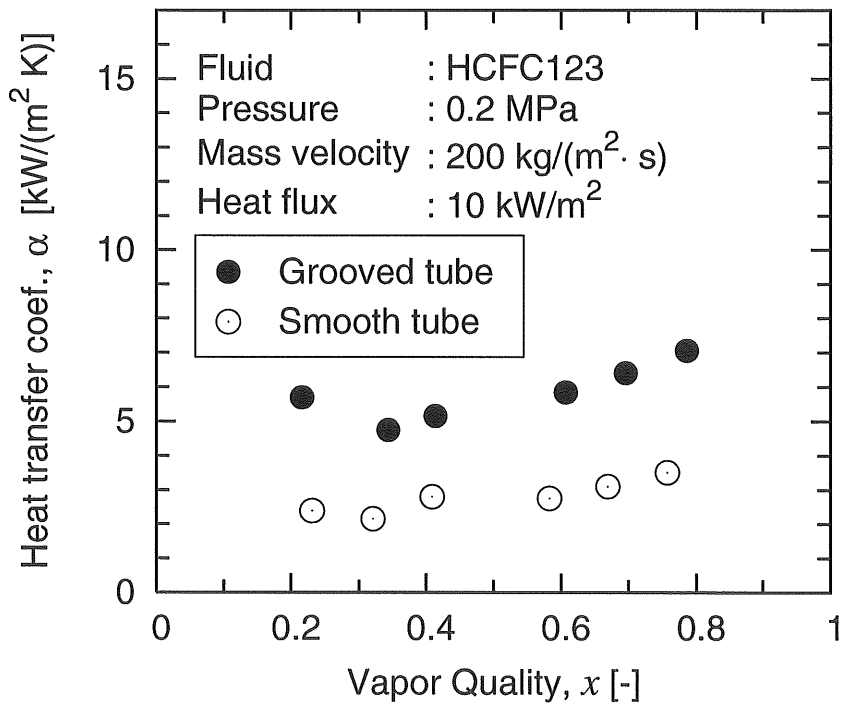
本研究で使用する内面ら旋溝付鋼管の伝熱促進効果を調査することを目的として、本試験伝熱管と同じ材質で内径が12.5mmの平滑鋼管を用いて実験を行った。得られた管周平均熱伝達係数の比較を通じて溝の効果を検討する。

図4.6に圧力0.2MPaにおけるHCFC123の管周平均熱伝達係数の測定結果を示す。図4.6(a)に示す質量速度 $100 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、熱流束 $5 \text{ kW}/\text{m}^2$ の内面ら旋溝付鋼管の熱伝達係数は、平滑鋼管の場合と比較して低クオリティ域では約3倍、高クオリティ域で5倍以上の値を示している。平滑管の場合、低流量域では蒸気と液が上下に分離して流れ、蒸気が流れる管頂側の熱伝達は劣化する。それに対して溝付管では、管頂側の溝内に薄い液膜が形成されることにより熱伝達は良好になる。このような効果は銅製の内面ら旋溝付管を用いた実験結果からも数多く報告 [36-38] されており、管径や溝形状が大きな本試験伝熱管でも銅製の溝付管と同様な伝熱促進効果が得ることができる。

図4.6(b)に示す質量速度 $200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、熱流束 $10 \text{ kW}/\text{m}^2$ における内面ら旋溝付管の伝熱促進効果は、質量速度 $100 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ の場合よりもやや低下し、平滑管に対して約2倍である。これは、高流量域での管内の流動様相は環状流となるため、低流量域で形成されるような薄い液膜が管頂側の伝熱面に存在せず、熱伝達の促進効果は溝による流れの攪乱効果と伝熱面積の増大分程度しか期待できないからである。



(a) $P = 0.2\text{MPa}$, $G = 100\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q=5\text{ kW}/\text{m}^2$



(b) $P = 0.2\text{MPa}$, $G = 200\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q=10\text{ kW}/\text{m}^2$

図 4.6 平滑管と内面ら旋溝付管の管周平均熱伝達係数

4.2.3 管周平均熱伝達係数の測定値と従来の式との比較

図 4.7~4.9 に管周平均熱伝達係数の測定値とクオリティの関係を示す。図の上段, 中段, 下段はそれぞれ質量速度を 100, 200, 250 または 300 kg/(m²·s) での測定値である。図には, 本試験伝熱管とフロン系冷媒の冷凍空調機に通常使用されている銅製の内面ら旋溝付管の熱伝達特性の相違点を議論するため, 銅製の内面ら旋溝付管に対して提案された森ら [29] の式と村田ら [32] の式から算出した熱伝達係数の計算値を併記した。森らの式は銅製の内面ら旋溝付管に対して現在最も推奨されている式である。村田の式は, その式の作成基となった実験データの圧力と管径に関する条件が, 本実験での HCFC123 に対する圧力および本試験伝熱管の管径と似ていることから比較に使用した。

HCFC22, 圧力 0.8MPa の場合

冷凍機や空調機器の運転条件と比較的近い圧力 0.8MPa における HCFC22 の管周平均熱伝達係数の測定値の代表例を図 4.7 に示す。

図 4.7(a) に示す熱流束 5 kW/m² での実験データは, いづれの質量速度においても熱伝達係数の測定値はほぼ同じ値を示している。このような傾向は吉田 [39] の報告と良く一致している。熱伝達係数の測定値は森らの式による予測値と良く一致しており, 村田の式による予測値は測定値に対して低流量域で低く, 高流量域で高い値を示している。

図 4.7(b) に示す熱流束 15 kW/m² での熱伝達係数の測定値は熱流束 5 kW/m² の場合と異なる傾向を示す。質量速度が 100 kg/(m²·s) の熱伝達係数の測定値は $x < 0.5$ では低い値を示し, $x \simeq 0.5$ 付近から急激に増大している。そして, $0.5 < x < 0.7$ でほぼ一定の値を示した後, 再び増大している。質量速度が 200 kg/(m²·s) では, $x \simeq 0.65$ 付近から熱伝達係数の測定値は急激に増大している。熱伝達係数がクオリティに対して比連続的に変化する質量速度 100 kg/(m²·s) の測定値を除いて予測値と測定値とを比較すると, 図 4.7(a) に示した熱流束 5 kW/m² の条件では森らの式と良く一致していたが, 熱流束 15 kW/m² での測定値は森らの式による予測値より 30% 以上高い値を示している。これは, 森らの式が想定している核沸騰の寄与分よりも本実験データにおける核沸騰の寄与分の方が大きいことを表しており, 第2章で述べた本試験伝熱管の伝熱面の粗さの影響によるものと考えられる。

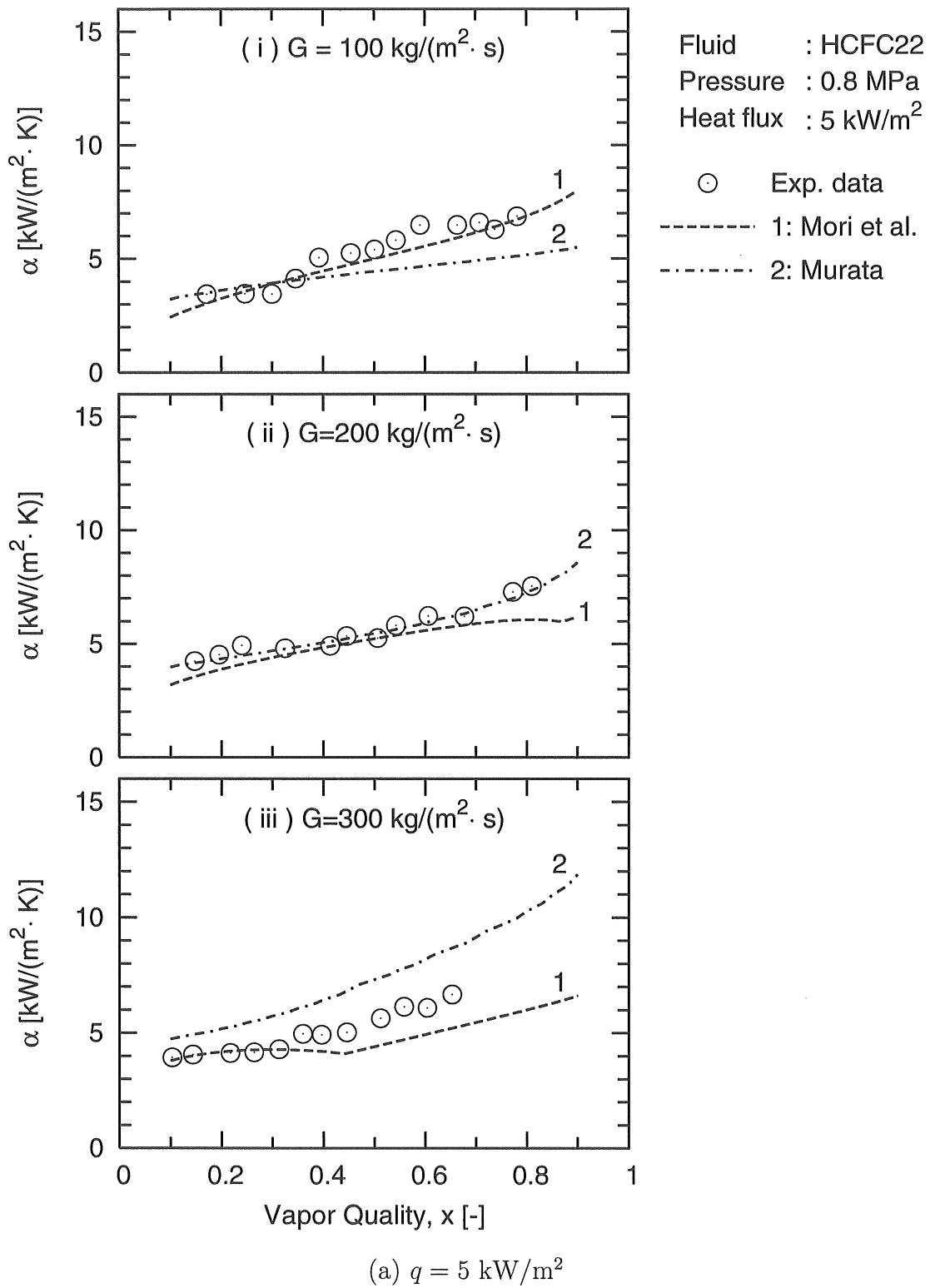


図 4.7 $P=0.8\text{MPa}$ における管周平均熱伝達係数の測定値と予測値

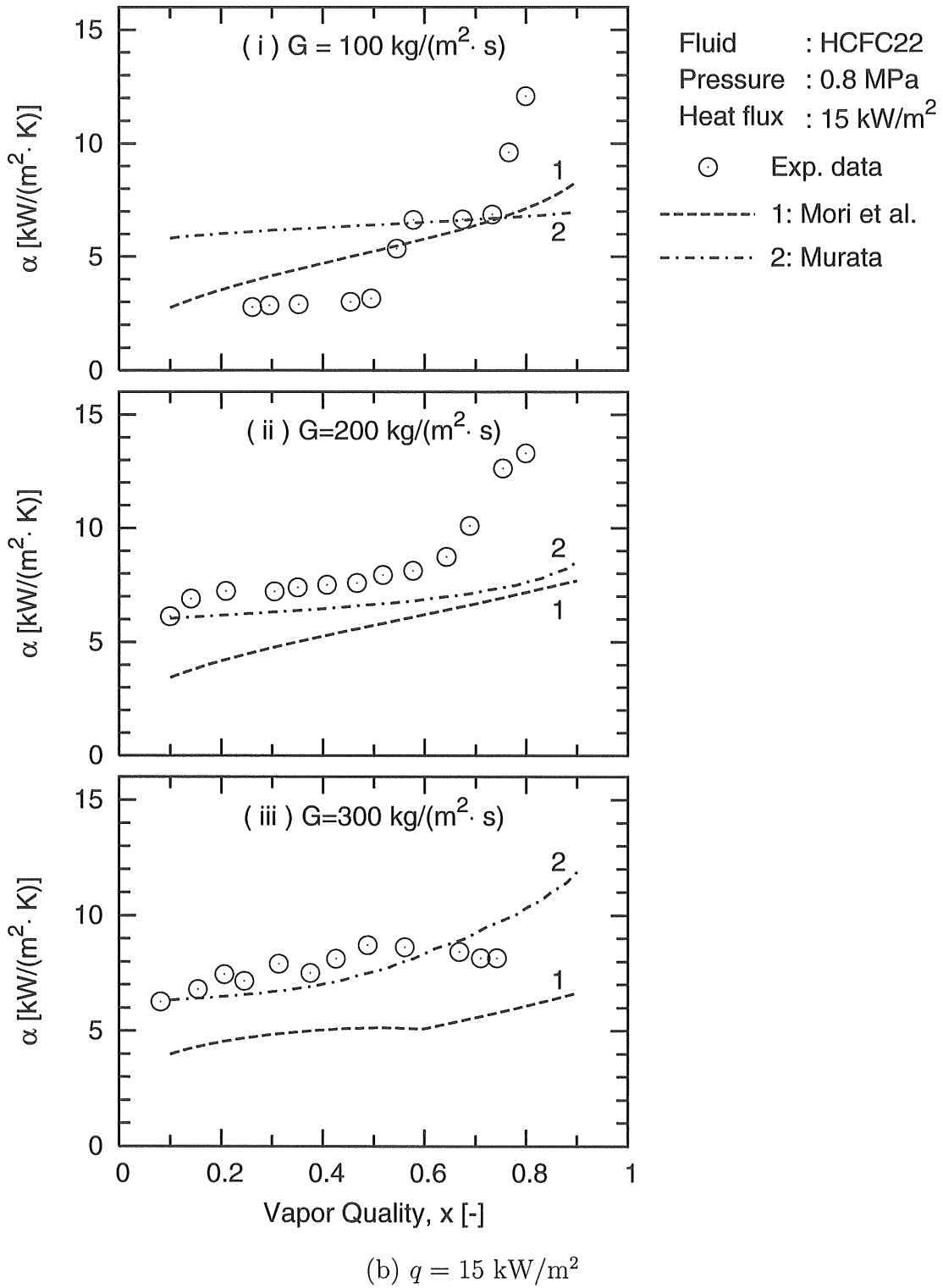


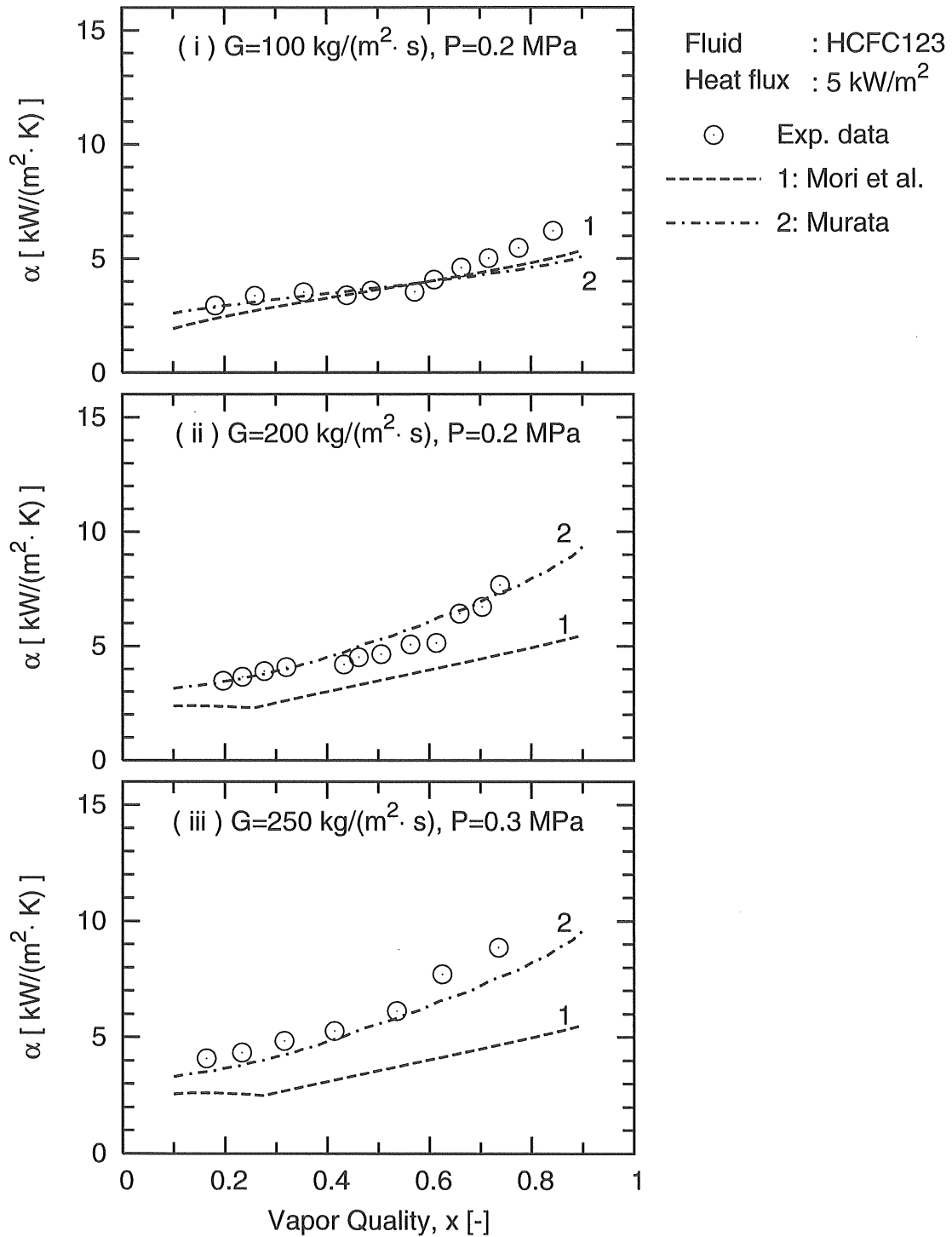
図 4.7 $P=0.8\text{MPa}$ における管周平均熱伝達係数の測定値と予測値

HCFC123, 圧力0.2MPaの場合 (低圧条件)

圧力0.2MPa, 質量速度100, 200 kg/(m²·s)と圧力0.3MPa, 質量速度250 kg/(m²·s)におけるHCFC123の測定結果の代表例を図4.8に示す。

図4.8(a)の上段に示す低熱流束(5 kW/m²)で質量速度が100 kg/(m²·s)の熱伝達係数の測定値は, $x < 0.6$ ではほぼ一定の値を示し, $x > 0.6$ では緩やかに増大する。これは $x \simeq 0.6$ を境に管内の流動様相が変化し, それに伴って熱伝達特性が変化したものと考えられる。一方, 森らの式および村田の式による熱伝達係数の予測値は全クオリティ域で一律に増大している。これは両式ともに管内の流動様相を分離流と想定して熱伝達係数を予測しているからである。質量速度が200, 250 kg/(m²·s)では強制対流がより支配的になるため, 熱伝達係数の測定値はクオリティの増加とともに増大している。また, 熱伝達係数の測定値は森らの式による予測値に対して約35%高い値を示し, 特に高クオリティ域で顕著である。森らの式は主に圧力0.5~0.8MPaの範囲を対象に作成された式である。このとから, 森らの式は低圧条件での強制対流の寄与分を過小に評価していると言える。村田の式は, 図中に示した実験条件とほぼ同じ圧力で得られた実験データを基に作成された式であることから, この式による予測値は測定値と良く一致している。

図4.8(b)に熱流束15 kW/m²の熱伝達係数の測定値を示す。図4.8(a)に示した熱流束5 kW/m²の測定値と比較すると, 質量速度100 kg/(m²·s)の全クオリティ域と200 kg/(m²·s)の低クオリティ域では核沸騰の寄与により熱伝達係数は増大しているが, 250 kg/(m²·s)ではほとんど変化していない。図に示した熱伝達係数の測定値は, 低熱流束域では良好な予測精度を示していた村田の式よりも高い値を示すことから, 低圧条件においても本試験伝熱管における核沸騰の寄与分は大きいことがうかがえる。



(a) $q = 5 \text{ kW}/\text{m}^2$

図 4.8 $P=0.2\text{MPa}$ における管周平均熱伝達係数の測定値と予測値

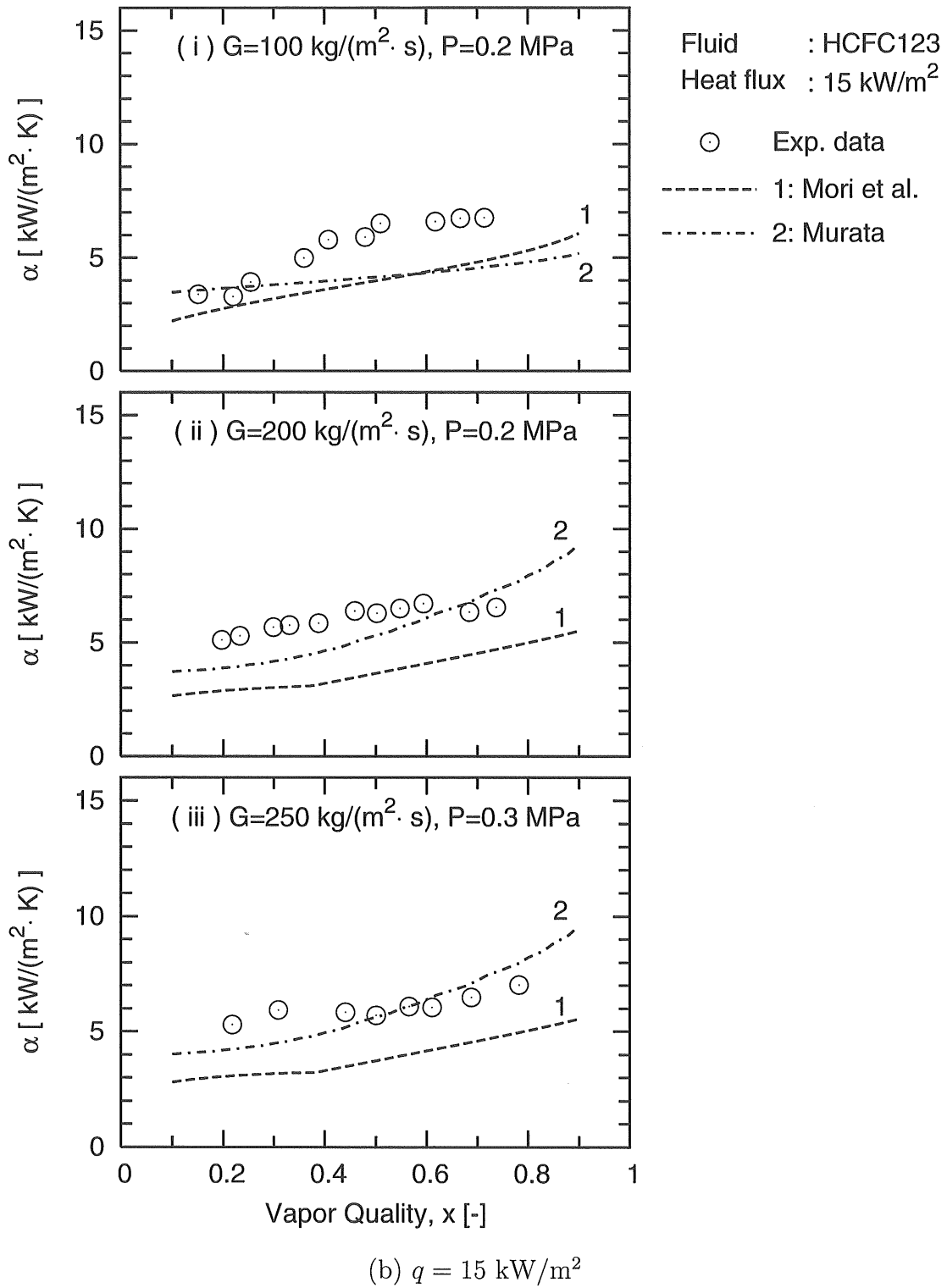


図 4.8 $P=0.2\text{MPa}$ における管周平均熱伝達係数の測定値と予測値

HCFC22, 圧力1.1MPaの場合 (高圧条件)

図4.9(a)に熱流束 5 kW/m^2 の熱伝達係数の測定値と予測値を示す。質量速度が $100\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ における熱伝達係数の測定値は、図4.7(b)に示した $100\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ の測定値と同じ傾向を示し、 $x \simeq 0.4$ 付近から急激に増大している。質量速度が $200\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ では、図4.8(a)に示した圧力 0.2MPa での $100\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ の実験データと同じ傾向を示しており、 $x \simeq 0.4$ 付近から流動様相の変化に伴う熱伝達特性の変化がうかがえる。質量速度が $300\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ では、強制対流支配域の熱伝達特性を示している。予測値と測定値との比較を行うと、質量速度 $100\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ で低クオリティ域の測定値を除き、すべての質量速度において測定値は予測値よりも高い値を示している。特に質量速度が $100\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 、 $x > 0.5$ での熱伝達係数は非常に高く、森らの式による予測値に対して約40%高い。

熱流束 15 kW/m^2 における測定値を図4.9(b)に示す。質量速度が $100\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ の熱伝達係数は $x < 0.7$ の領域では非常に低い。圧力と質量速度の条件から判断すると、このクオリティ領域での管内の流動様相は分離流と考えられ、内面ら旋溝付管では管頂部の溝内に薄い液膜が形成されていると考えられる。しかし、熱伝達係数の測定値は平滑管程度であることから、管頂部には液膜が形成されておらず、液冷媒が十分に流れている管底側で大半の熱伝達が行われていると考えられる。質量速度が $200\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ および $300\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ での熱伝達係数の測定値は予測値と比べて非常に高く、高圧条件ではより一層核沸騰の寄与分が増大している。

以上をまとめると、本実験で得た熱伝達係数は、圧力が 0.8MPa では森らの式による予測値と一致するが、圧力が低い場合と高い場合では幾分か異なる傾向を示す。この傾向は特に高熱流束の条件で顕著である。また、熱伝達特性がクオリティに対して非連続的に変化する領域が存在し、従来の式とは大きく異なる傾向を示した。したがって、より広い圧力の範囲で熱伝達係数を予測するには、従来よりも詳細な伝熱機構を取り扱った予測式が要求される。

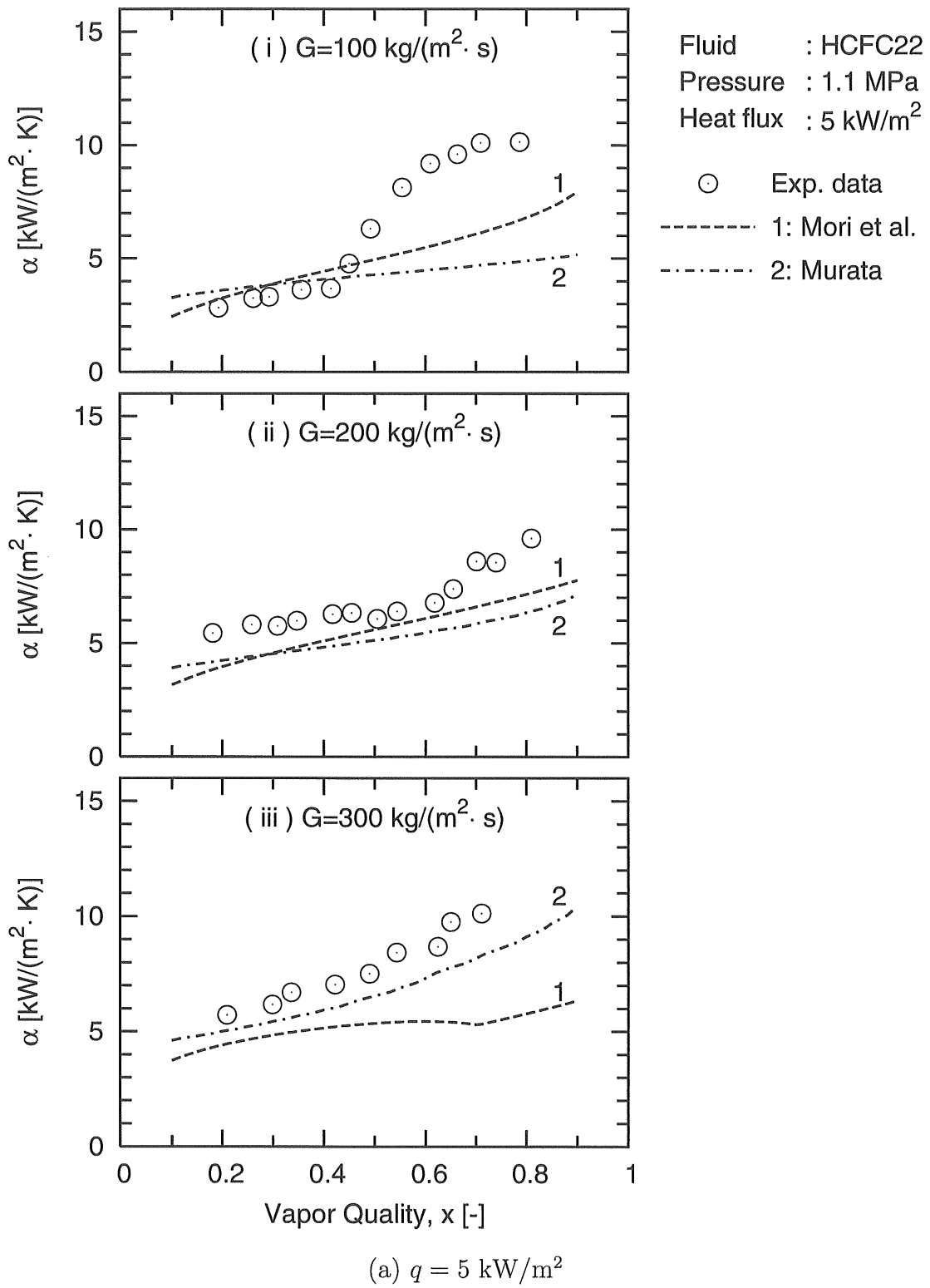
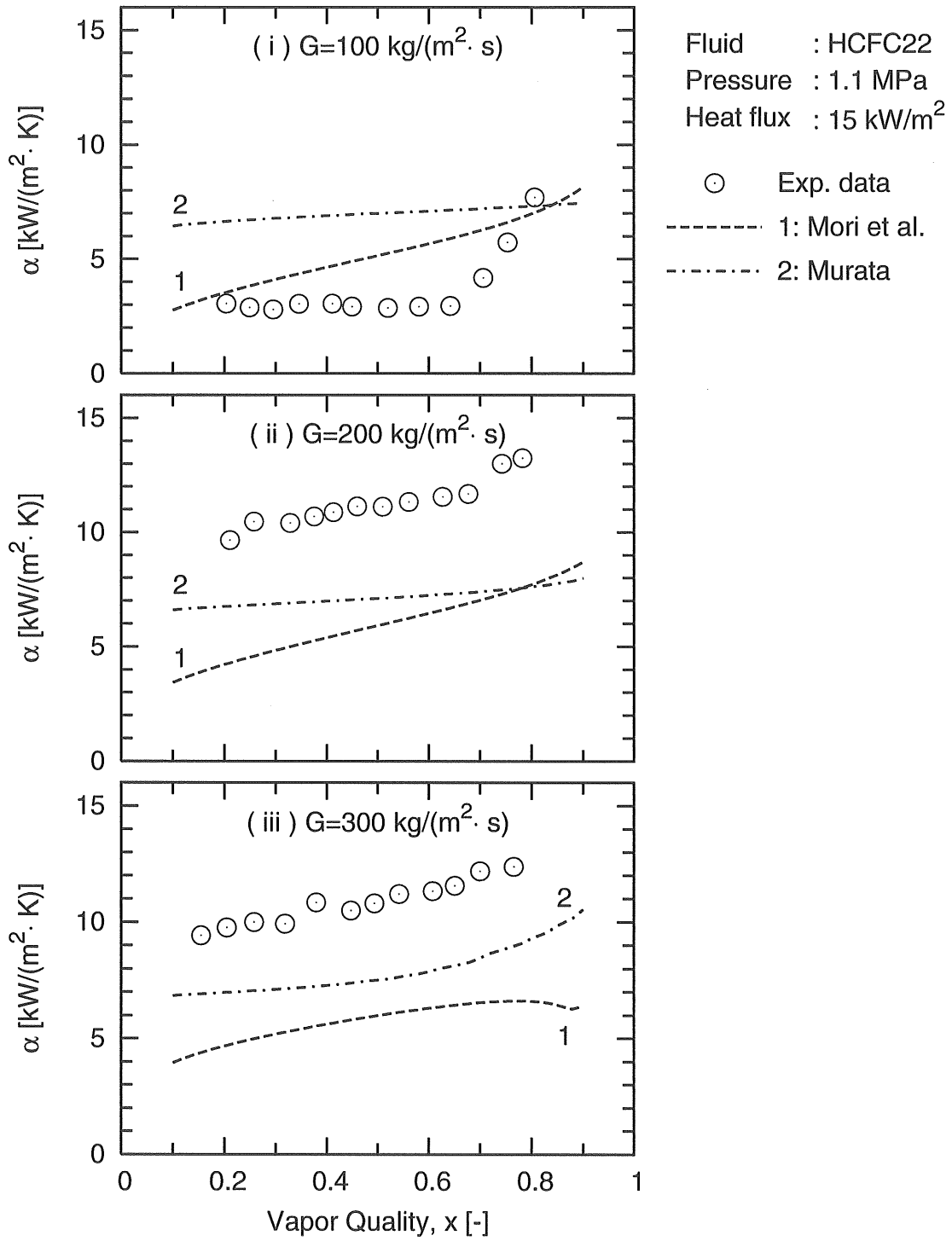


図 4.9 $P=1.1\text{MPa}$ における管周平均熱伝達係数の測定値と予測値



(b) $q = 15 \text{ kW}/\text{m}^2$

図 4.9 $P=1.1\text{MPa}$ における管周平均熱伝達係数の測定値と予測値

4.3 管周方向の壁温分布と流動様相の判定

管内蒸発熱伝達は伝熱面上における液膜の状態に強く影響を受け、液膜が薄い程熱伝達は良好となり、伝熱面が完全に乾くと熱伝達は著しく劣化する。本実験は電気加熱方式で熱流束一様加熱の条件で実験を行うため、管内表面での熱伝達の優劣に追従して伝熱面温度は変化する。この場合、熱伝達が良好な位置における壁温は低く、熱伝達が劣化する位置における壁温は高い値を示す。通常の銅製の伝熱管では熱伝導率が大きいため、管周方向の壁温分布は一様になりやすいのに対し、本研究で使用したような熱伝導率が小さい伝熱管では壁温分布がより明瞭に測定することができる。本節では、管周方向の壁温分布と熱伝達係数の測定値を基に伝熱面上に形成される液膜の状態を推測し、内面ら旋溝付管内の流動様相について検討する。

4.3.1 管周方向の壁温分布

平滑管

通常の水平平滑管の管周方向の壁温分布を確認するため、本研究で使用した内面ら旋溝付鋼管と同じ材質で製造された内径12.5mmの平滑鋼管を用いて管内蒸発熱伝達の実験を行った。図4.10にその測定結果の一例を示す。図の横軸 ϕ は管周方向の位置を表し、図4.10の右側に示すように管底点を原点として反時計周り方向を $+\phi$ 、時計周り方向を $-\phi$ としている。 ϕ の値が π および $-\pi$ となる位置は管頂点を表す。図に示した実験条件のような低流量域の水平平滑管内の熱伝達は、蒸気が流れる管頂側は劣化し、液が流れる管底側は良好になる[40]。図に示す実験データにおいても、熱伝達が劣化する管頂側の壁温は高く、熱伝達の良い管底側の壁温は低い分布形状となっている。

内面ら旋溝付管

図4.11は低流量域での内面ら旋溝付管の管周方向の壁温分布を示す。図4.11(a)は、図4.10に示した実験条件と同じ圧力、質量速度、熱流束で測定した内面ら旋溝付管の壁温分布を示す。平滑管において管頂側の伝熱面が乾く条件では、内面ら旋溝付管の場合、管頂側の溝内に薄い液膜が形成されるため熱伝達は非常に良好となる[36]。図に示した実験データでは $x \leq 0.49$ の壁温分布は明らかに管頂側の壁温が管底側よりも低く、このことから管頂側の溝内に液膜が形成され、熱伝

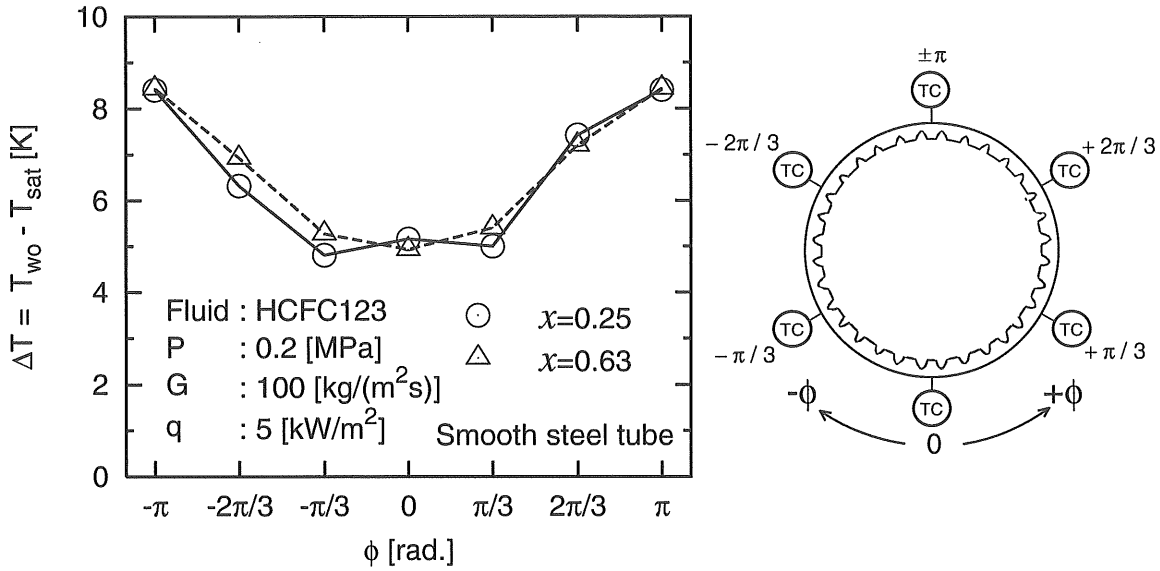


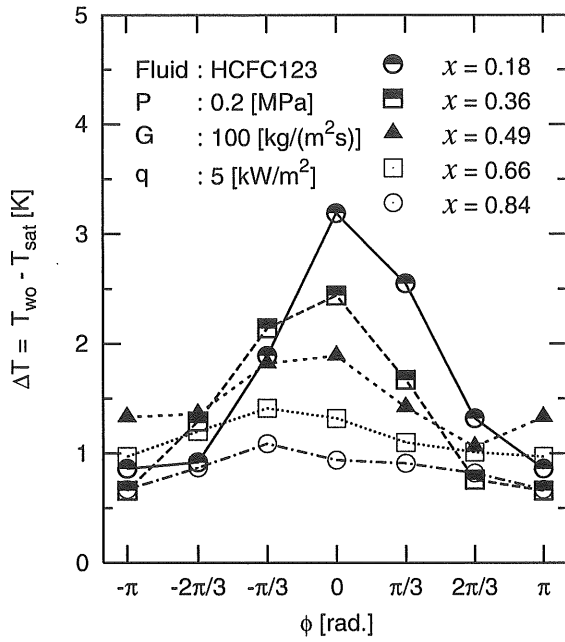
図 4.10 低流量域での平滑管の管周方向壁温分布

達が良好となっていることが確認できる。また, $x \geq 0.66$ では, 壁温が管周方向でほぼ一様となり, このことから管周方向に一様な液膜が伝熱面に形成されていることがうかがえる。

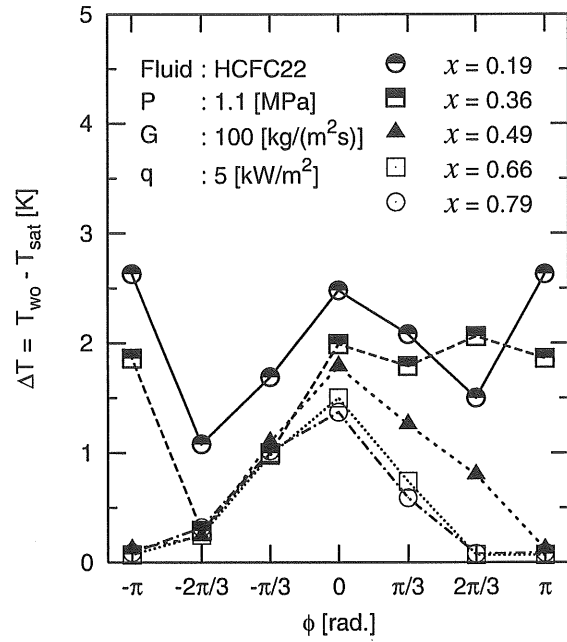
質量速度と熱流束の条件を図 4.11(a) に示した条件と同じ, $G = 100 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, $q = 5 \text{ kW}/\text{m}^2$ とし, 冷媒と圧力をそれぞれ HCFC22 と 1.1MPa に変化させた場合の壁温分布の測定結果を図 4.11(b) に示す。低クオリティ域では, $\phi = \pm\pi$, つまり管頂点における壁温は図 4.11(a) の場合と比べて高く, 管頂側の伝熱面が時折乾いているような傾向を示している。高圧条件では蒸気速度が低下し, 管底側から管頂側へ供給される液の量が低圧条件の場合よりも減少したためと考えられる。中・高クオリティ域の壁温分布は図 4.11(a) に示した低クオリティ域での分布形状と同じ傾向を示し, 管頂側の溝内に薄い液膜が常に存在していると考えられる。

図 4.11(b) に示した実験条件に対し, 熱流束を $10 \text{ kW}/\text{m}^2$ に変化させた場合の壁温分布の測定結果を図 4.11(c) に示す。この条件の場合, クオリティの値が 0.48 以下での管頂側の壁温は非常に高く, 分布形状が図 4.10 に示した平滑管の場合と似ていることから, 管頂側の伝熱面は完全に乾いていると考えられる。図 4.11(b) と同様, クオリティが増大すると管頂側の壁温は低下し, 管頂側に液膜が形成するような傾向を示すが, そのクオリティの値は 0.48~0.69 であり, 図 4.11(b) に示した熱流束が $5 \text{ kW}/\text{m}^2$ の場合と比べて 0.1 程度高クオリティ側に移動している。

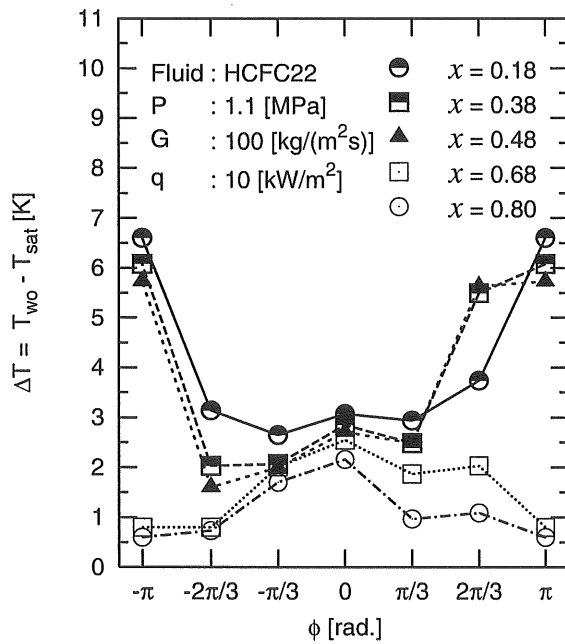
図 4.12 に圧力 0.8MPa, 熱流束 $5 \text{ kW}/\text{m}^2$, 質量速度 $200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ の場合の壁温分布の測定値を示す。クオリティが 0.45 以下では, 壁温の分布形状は左右対称ではなく, ϕ が負の値, すなわち, 流れ方向に向って左側の壁温が右側の壁温よりも若



(a) 0.2MPa, 100 kg/(m²·s), 5 kW/m²



(b) 1.1MPa, 100 kg/(m²·s), 5 kW/m²



(c) 1.1MPa, 100 kg/(m²·s), 10 kW/m²

図 4.11 内面ら旋溝付管の管周方向壁温分布の測定例

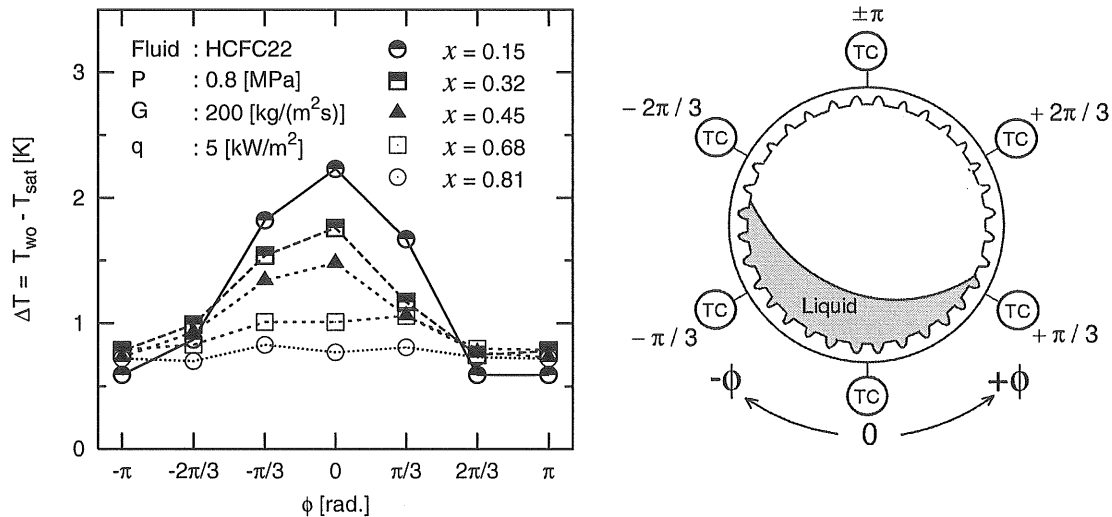


図 4.12 高流量域での内面ら旋溝付管の管周方向壁温分布の測定値例

干高くなる傾向が見られる。これは図 4.12 の右側に示すように、ら旋溝による旋回流の影響によって最も液膜が厚くなる場所が $\phi=0$ ではなく、 $\phi=0$ から若干時計方向側、すなわち ϕ が負の方向に移動しているためである。図に示した実験データでは、液膜の厚さが最大となる位置は $0 < \phi < -\pi/3$ と考えられ、他の高流量域の実験データにおいても同じような傾向を示していた。クオリティが増大すると液膜の厚さはほぼ均一な環状流となり、低クオリティ域で見られたような非対称性は消滅している。

4.3.2 熱伝達特性と流動様相

水平蒸発管の場合、重力の影響により伝熱面上の液膜の状態は管の上下で非対称となる。また、内面ら旋溝付管の場合、先述した壁温分布の考察より管頂側の伝熱面は圧力、流量、熱流束、クオリティの条件によって複雑な挙動を示す。そこで先述した考察より、液膜の厚さが最大となる位置は管底点から $0 < \phi < -\pi/3$ の範囲内であったことから、クオリティに対する管頂側半分および管底側半分の壁温の平均値および管周平均熱伝達係数の傾向を通じて、伝熱面上における液膜の状態と管内の流動様相について検討する。

圧力 0.2MPa, 質量速度 100 kg/(m²·s), 熱流束 5 kW/m² における測定結果を図 4.13 に示す。図上段には壁温の測定値を示しており、図中の記号 ▲ は図の右側に示すように管頂側 3 点 (Upper half average) の壁温平均値, ▽ は管底側 3 点 (Lower half average) の壁温平均値を示す。図下段には管周平均熱伝達係数を示す。図より、管底側半分の壁温の平均値はクオリティの増大に対してほぼ一律に低下する傾向

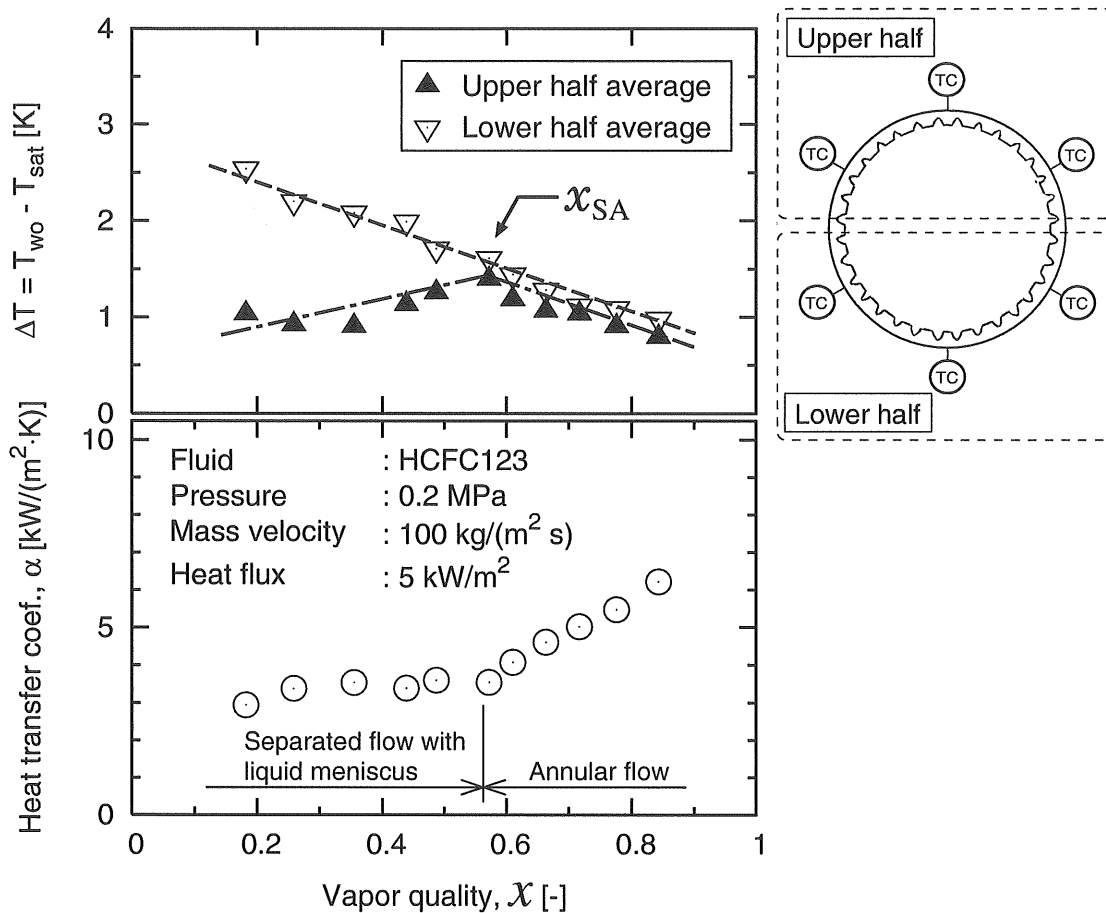


図 4.13 分離流と環状流の境界

を示すのに対し、管頂側半分の壁温の平均値は $x \approx 0.57$ を境にして低クオリティ側と高クオリティ側で異なる傾向を示す。 $x < 0.57$ では、管頂側の壁温と管底側の壁温に差があることから、管内の流動様相は分離流と推測でき、さらに管頂側の壁温が管底側の壁温よりも低いことから、管頂側の溝内に薄い液膜が形成されていると考えられる。 $x < 0.57$ での熱伝達係数はクオリティの値に関わらずほぼ同じ値を示している。一方、 $x > 0.57$ では管頂側および管底側の壁温はほぼ同じ値を示すことから、伝熱面上の液膜は管周方向に一様に形成されていると考えられる。熱伝達係数はクオリティが増大すると次第に高くなることから、このクオリティ領域では伝熱面近傍に流れる液の速度が増大していると考えられる。壁温と熱伝達係数の傾向と合せて考えると、 $x > 0.57$ における流動様相は環状流と考えられる。以上の検討から、この図に示した実験データは $x \approx 0.57$ を境に分離流から環状流へ遷移していることがわかる。本研究では、このように分離流から環状流へ遷移するクオリティを x_{SA} と定義する。

図 4.14 は、圧力 1.1 MPa、質量速度 $100 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、熱流束 $10 \text{ kW}/\text{m}^2$ における測定結果を示す。壁温の測定値から、 $x < 0.43$ での管頂側の伝熱面は明らかに乾いてる。

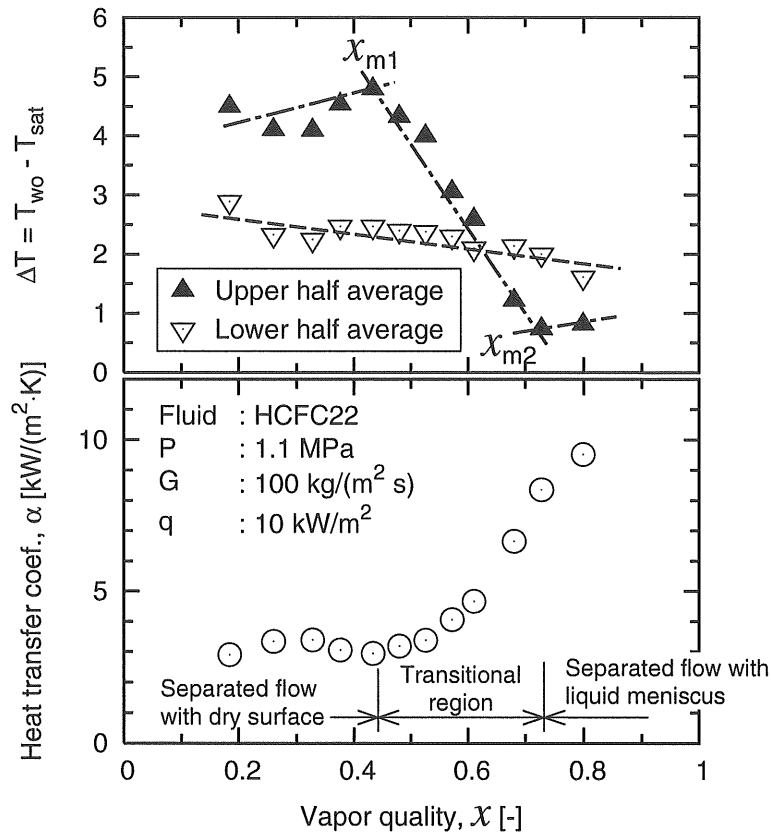


図 4.14 管頂側が乾く分離流と管頂側が濡れる分離流との境界

$x \approx 0.43$ 付近から管頂側の壁温は低下し始め、 $x \approx 0.73$ 付近で管頂側の壁温が低い値で一定となる。このことから $x \approx 0.43$ 付近から管底側を流れる液が管上部へ供給されるようになり、 $x \approx 0.73$ で管頂部まで到達したものと考えられる。低クオリティ域での熱伝達係数の測定値はクオリティに対してほぼ一定であったが、 $x \approx 0.43$ を境に急激に上昇し始め、このクオリティ付近から熱伝達特性が変化している。図に示すように管頂側の壁温が急激に低下し始めるクオリティを x_{m1} 、管頂側の壁温が低い値で安定するクオリティを x_{m2} と定義すると、 $x < x_{m1}$ では管頂側が乾いた分離流、 $x > x_{m2}$ では管頂側が濡れた分離流とみなせる。 $x_{m1} < x < x_{m2}$ はこれらの流動様相の遷移域である。

圧力 0.8MPa、質量速度 200kg/(m²·s)、熱流束 15kW/m² における測定結果を図 4.15 に示す。 $x < 0.63$ での壁温の傾向が図 4.13 に示した低クオリティ域と同じであることから、 $x < 0.63$ での管内の流動様相は管頂側の溝内に液膜が形成された分離流と考えられる。管底側の壁温に注目すると、 $x < 0.63$ ではクオリティの増加に伴って徐々に低下(熱伝達係数は増大)しており、図 4.13 に示した管底側の壁温の傾向と非常によく似ている。 $x \approx 0.63$ から壁温の低下傾向は急激に増大し、 $x \approx 0.73$ では薄い液膜が形成している管頂側の壁温とほぼ同じ値となる。 $x > 0.73$ では、管

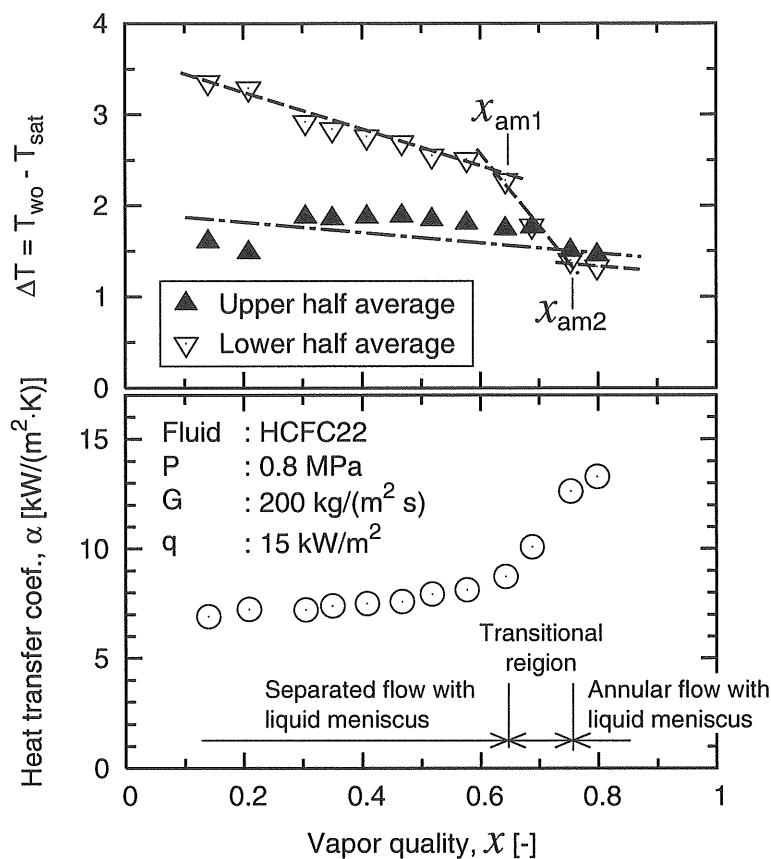


図 4.15 管周全域に非常に薄い液膜を形成する環状流への遷移

周方向の壁温がほぼ一様であることから、伝熱面全域には薄い液膜が形成された状態と考えられる。ただし、この領域での管周平均熱伝達係数は急激に増大しており、通常考えられる環状流域の熱伝達係数よりも非常に高い値を示している。一般的に、環状流域での伝熱機構は主として液膜内の対流熱伝達と若干の沸騰熱伝達の寄与を考慮して説明されることが多い。しかし、図 4.15 の $x > 0.73$ におけるデータのように液膜厚さが非常に薄い場合には、液膜内の熱伝導と気液界面からの蒸発熱伝達によって定まると考える方が妥当である。以上より、この領域における流動様相は通常の環状流とは異なる取り扱いが必要と考え、本研究では、非常に薄い液膜が形成される環状流として取り扱う。図 4.15 に示すように管底側の壁温の傾向がクオリティに対して急激に変化するクオリティを x_{am1} と x_{am2} とすると、 $x > x_{am2}$ を管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流、 $x_{am1} < x < x_{am2}$ を遷移域とみなせる。

得られた実験データすべてに対して同様な検討を実施した結果、内面ら旋溝付管内の蒸発熱伝達特性を決定していると考えられる流動様相は、図 4.16 に示すように、(a) 管頂側が乾く分離流、(b) 管頂側が濡れる分離流、(c) 環状流、さらに

(d) 管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流, の4種類に分類できた。

(a) は平滑管における分離流と同じ流動様相で, 管頂側の伝熱面が完全に乾いており, 熱伝達係数は(b)~(d)の流動様相の場合と比べて小さい。(b)は内面ら旋溝付管特有の流動様相であり, 分離流であるが管頂側の溝内に薄い液膜が形成されている。この流動様相では熱伝達は非常に良好である。(c)は通常の場合の環状流で, 十分に厚い液膜が伝熱面に沿って流れ, 蒸気が管の中心部を流れる。(d)に示す流動様相では(c)に示す通常の場合の環状流の場合よりも液膜が非常に薄くなり, 熱伝達特性は通常の場合の環状流の場合と比べて極めて良好になる。この流動様相は特に, 高熱流束, 高クオリティの条件で発生する。

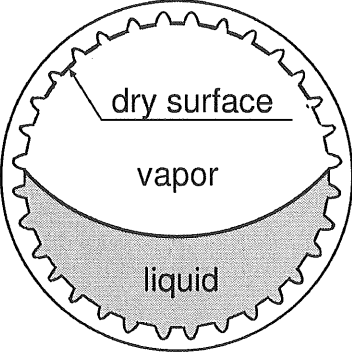
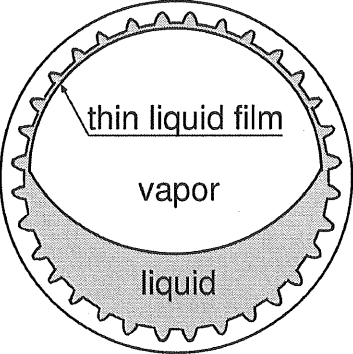
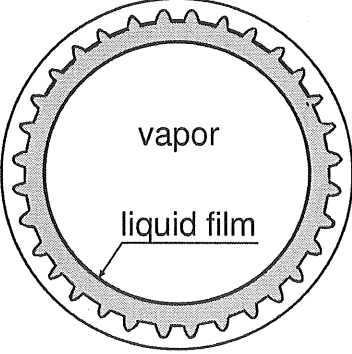
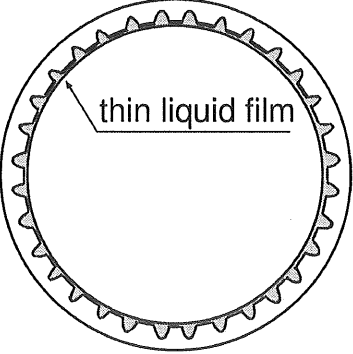
Abbreviation : S-D	Abbreviation : S-M
	
(a) Separated flow with dry surface	(b) Separated flow with liquid meniscus
Abbreviation : A	Abbreviation : A-M
	
(c) Annular flow	(d) Annular flow with liquid meniscus

図 4.16 内面ら旋溝付管内の主要な流動状態の概略図

4.3.3 流動様式線図

前節の検討結果を基に、得られた実験データから x_{SA} , x_{m1} , x_{m2} , x_{am1} , x_{am2} を求めて管内の流動様相を判定し、その判定結果をクオリティと質量速度に対して示した結果を図 4.17~4.19 に示す。図中の S-D, S-M, A, A-M は図 4.16 に示す流動様相を表す略記号である。なお、流動様相が遷移域にある実験データに対しては、遷移前と遷移後の流動様相を示す記号を図中に重ねて表示した。

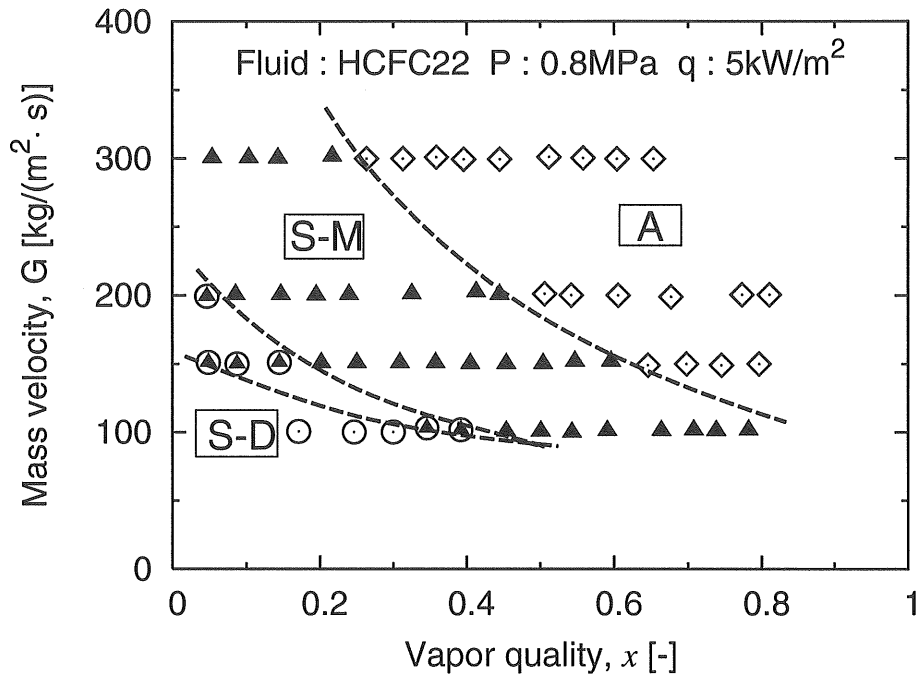
図 4.17 に圧力 0.8MPa の流動様式図を示す。図 4.17(a) の熱流束が 5 kW/m^2 では、管頂側が乾く分離流 (S-D) から管頂側が濡れる分離流 (S-M) に遷移するクオリティは、質量速度 $100 \text{ kg/(m}^2\cdot\text{s)}$ では $x \simeq 0.45$ 付近を、質量速度 $150 \text{ kg/(m}^2\cdot\text{s)}$ では $x \simeq 0.2$ 付近を示しており、質量速度が増大すると低いクオリティの値で遷移している。環状流へ遷移するクオリティの値についても同じような傾向を示している。管周全域に非常に薄い液膜を形成する環状流は圧力 0.8MPa, 熱流束 5 kW/m^2 の条件ではいづれの質量速度においても確認できなかった。図 4.17(b) に示す熱流束 15 kW/m^2 の流動様式線図では、熱流束が 5 kW/m^2 の場合と比べて管頂側が乾く分離流 (S-D) の領域が広がっており、すべての流動様相の遷移境界線が高クオリティ側へ移動していることがうかがえる。また、質量速度が $100\sim 200 \text{ kg/(m}^2\cdot\text{s)}$ の高クオリティ域で管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流 (A-M) が出現している。

低圧条件 (0.2MPa) に対する流動様式線図を図 4.18 に示す。図 4.18(a) に示す熱流束 5 kW/m^2 では、環状流へ遷移するクオリティは質量速度が $100 \text{ kg/(m}^2\cdot\text{s)}$ では $x \simeq 0.58$, 質量速度 $200 \text{ kg/(m}^2\cdot\text{s)}$ では $x \simeq 0.3$ となり、図 4.17(a) に示した圧力 0.8MPa の場合より低いクオリティの値で環状流へ遷移している。図 4.18(b) の熱流束 15 kW/m^2 では管周全域に非常に薄い液膜を形成する環状流 (A-M) の領域が広い範囲で見られる。管頂側が乾く分離流 (S-D) の領域は熱流束が増大すると出現するが、圧力が 0.8MPa の場合のとき程、その領域は広がっていない。

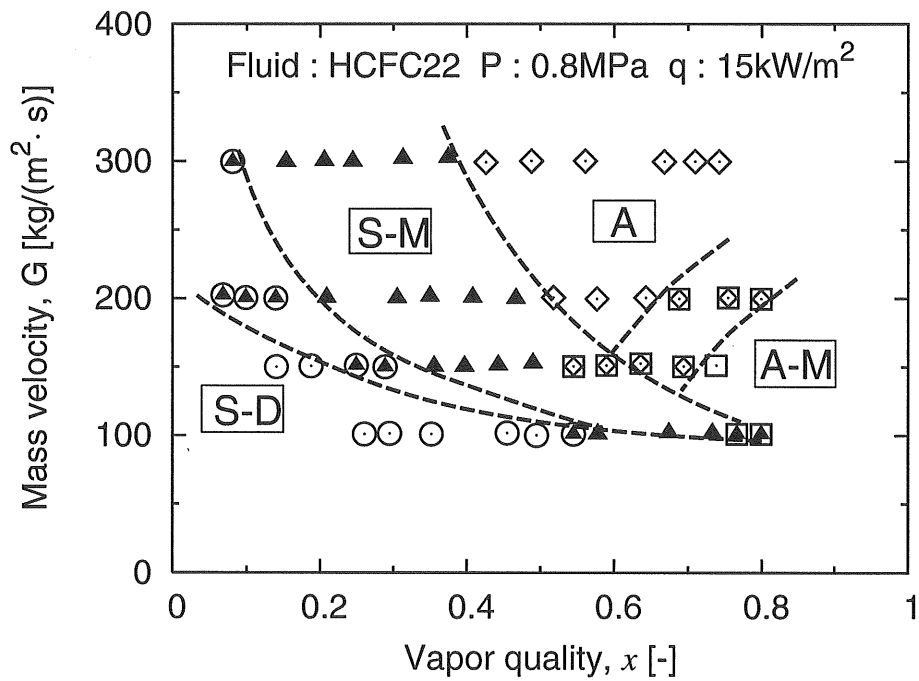
図 4.19 に高圧条件 (1.1MPa) での流動様式線図を示す。図 4.17 に示した圧力 0.8MPa, 5 kW/m^2 の流動様式線図と比較すると、高圧条件では管頂側が乾く分離流 (S-D) の領域は広がっており、流動様相の遷移境界線は若干高クオリティ側へ移動している。いづれにせよ、質量速度が増大すると流動様相が遷移するクオリティの値は低クオリティ側へ移動するという傾向は圧力 0.8MPa の場合と同じである。

以上のように、流動様式線図を作成することで図 4.16 に示した 4 種類の流動様

相がどのような条件で形成されるかを明確に示すことができた。この流動様式線図を基に流動様相の遷移境界線に関する整理式を作成することで、流動様相を予測することが可能である。



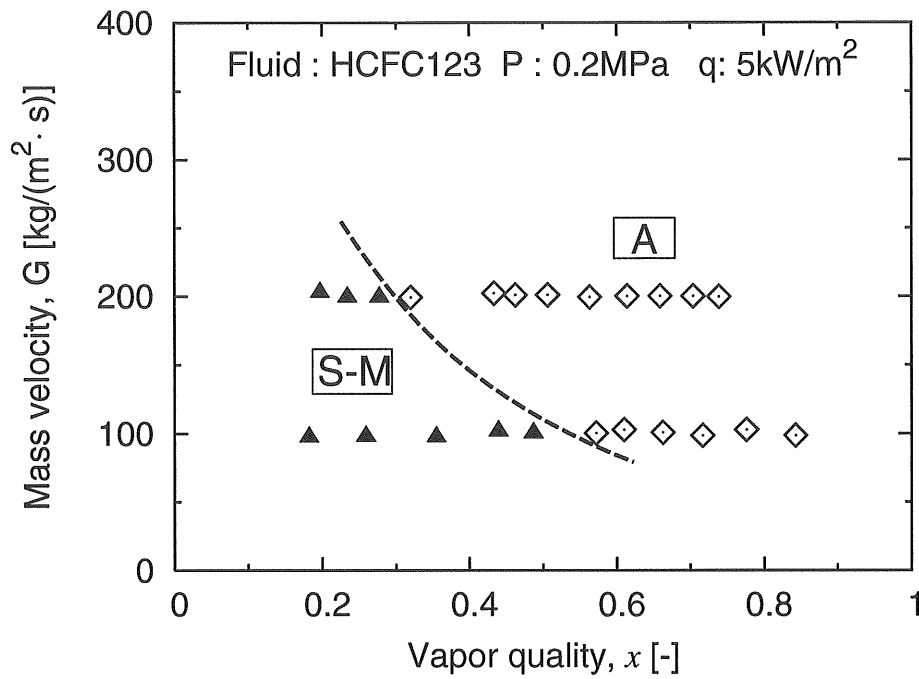
(a) 熱流束 5 kW/m²



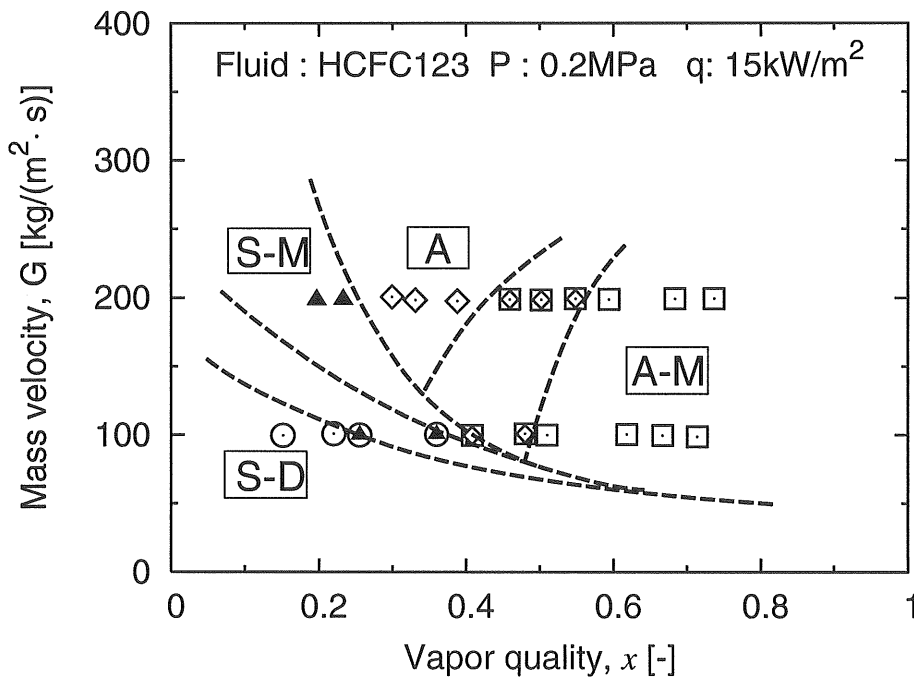
- Separated flow with dry surface
- ▲ Separated flow with liquid meniscus
- ◇ Annular flow
- Annular flow with liquid meniscus

(b) 熱流束 15 kW/m²

図 4.17 圧力 0.8MPa における HCFC22 の流動様式線図



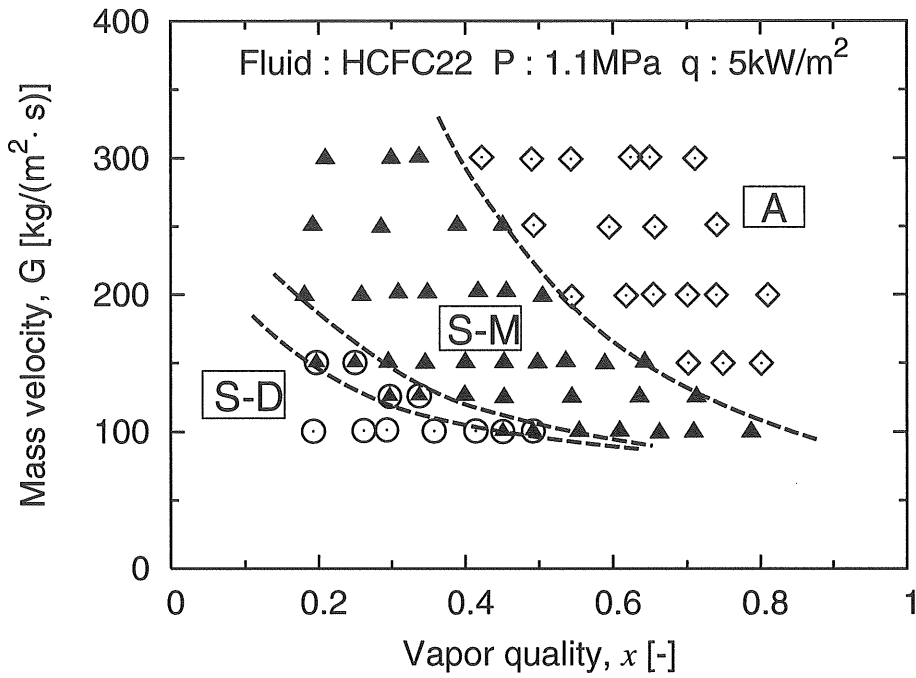
(a) 熱流束 5 kW/m²



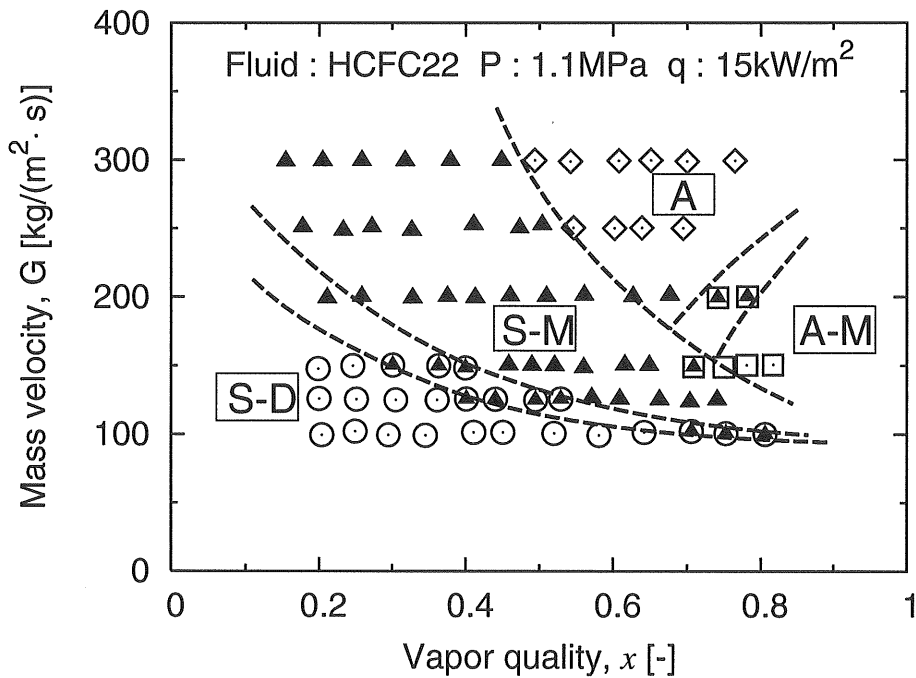
- Separated flow with dry surface
- ▲ Separated flow with liquid meniscus
- ◇ Annular flow
- Annular flow with liquid meniscus

(b) 熱流束 15 kW/m²

図 4.18 圧力 0.2MPa における HCFC123 の流動様式線図



(a) 熱流束 5 kW/m²



- Separated flow with dry surface
- ▲ Separated flow with liquid meniscus
- ◇ Annular flow
- Annular flow with liquid meniscus

(b) 熱流束 15 kW/m²

図 4.19 圧力 1.1MPa における HCFC22 の流動様式線図

4.4 まとめ

内面ら旋溝付管内の気液二相流の流動と伝熱の実験より、摩擦による圧力損失勾配と管周平均熱伝達係数、さらに管内の流動様相について検討し、以下の結論を得た。

1. 摩擦による圧力損失を Lockhart-Martinelli の相関で整理した結果、平均偏差、 $MD = 13.6\%$ で測定値を予測する式 (4.5) を作成した。
2. 本実験で用いた試験伝熱管の管周平均熱伝達係数は、本試験伝熱管と同じ材質で内径が 12.5mm の平滑鋼管の管周平均熱伝達係数と比べて、低流量域では約 3~5 倍、高流量域では約 2 倍高くなることを示した。
3. 管周平均熱伝達係数の測定値は、圧力 0.8MPa では銅製の内面ら旋溝付管に対して最も推奨されている森らの式が示す傾向と非常に良く一致したが、圧力が 0.2MPa および 1.1MPa における傾向は、森らの式および村田の式のいずれとも異なる傾向を示した。特に本試験伝熱管における表面粗さの影響により高熱流束域では顕著であった。
4. 管周方向の壁温分布の測定値を基に流動様相が変化するクオリティを求める手法を提案した。この手法を用いて流動様相を検討した結果、内面ら旋溝付管内の伝熱機構に影響すると考えられる流動様相を以下の 4 種類に分類できた。
 - 環状流
 - 管周全域で非常に薄い液膜が形成される環状流
 - 管頂側の溝内に薄い液膜が形成される分離流
 - 管頂側が乾く分離流
5. 上記 4 種類の流動様相について、横軸をクオリティ、縦軸を質量速度で表した流動様式線図を作成し、流動様相に関して圧力、質量速度、熱流束の影響について考察した。

第5章 流動様相の予測

本章では、以下に示す内面ら旋溝付管内の蒸発熱伝達特性を決定していると考えられる流動様相を判定するための整理式を作成する。さらに、本整理式と実験データから判定した流動様相の測定結果と予測の比較を行う。

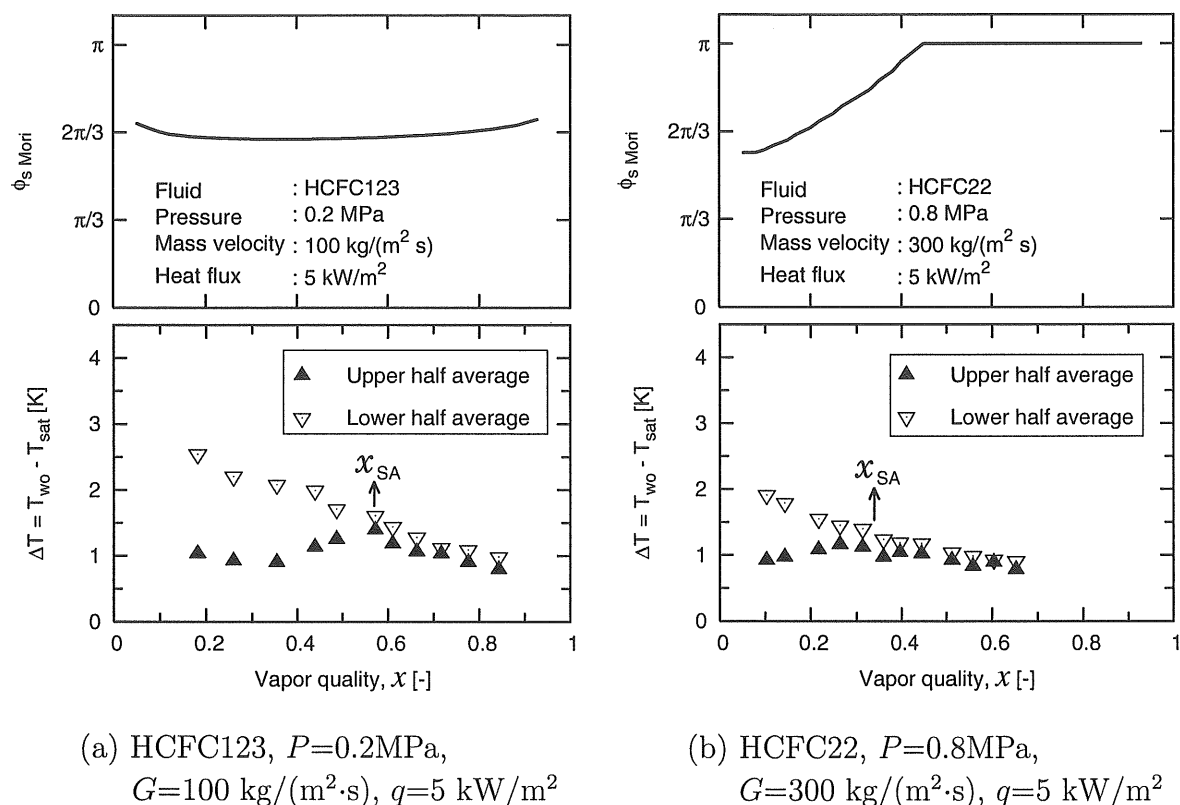
- 環状流
- 管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流
- 管頂側の溝内に薄い液膜が形成される分離流
- 管頂側が乾く分離流

5.1 流動様相の判定式

5.1.1 分離流と環状流の境界

森ら [9] は平滑管に対する濡れ境界角度, ϕ_s , の予測式を提案している。この $\phi_{s \text{ Mori}} = \pi$ となる点を求めることで、平滑管での環状流から分離流へ遷移する境界を予測できる。

図 5.1 は、前章で流動様相を検討した際に用いた管頂側半分と管底側半分の壁温平均値と森らの式から算出した平滑管の濡れ境界角度の予測値を示す。図 5.1(a) に示す圧力 0.2MPa, 質量速度 100 kg/(m²·s), 熱流束 5 kW/m² では、内面ら旋溝付管における分離流から環状流へ遷移するクオリティの値は、壁温の測定値から 0.57 付近と考えらる。一方、森らの濡れ境界角度の予測値は全クオリティ域で約 $2\pi/3$ を示しており、この条件では環状流へ遷移しない。また、図 5.1(b) に示す圧力 0.8MPa, 質量速度 300 kg/(m²·s), 熱流束 5 kW/m² では、 $\phi_{s \text{ Mori}}$ の値は、クオリティが約 0.45 付近で π を示しており、このクオリティの値で分離流から環状流へ遷移すると予測している。一方、実験データが示す分離流から環状流へ遷移するクオリティの値は、壁温の測定値より約 0.35 付近を示している。このように内面ら旋


 図 5.1 環状流への遷移クオリティ, x_{SA} , と森らの濡れ境界角度との比較

溝付管の場合, 平滑管の場合よりも低いクオリティの値で環状流へ遷移する理由は, ら旋溝により旋回流が生じるためである。

そこで, 本研究では先ず, 実験データから得た分離流から環状流へ遷移する点 ($x = x_{SA}$) における $\phi_{s \text{ Mori}}$ の値と π との比, $Y = \pi / \phi_{s \text{ Mori}}$, について整理する。

Y の値は主に熱流束と質量速度に依存すると考え, 質量速度をパラメータとして, Y を熱流束に関する無次元数であるボイリング数, Bo , に対して示した結果を図 5.2 に示す。いずれの圧力においても Y の値はボイリング数の増大に対してほぼ一律に増大している。図の上段に示す低圧条件における Y の値は, 質量速度 $200 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{s)}$ では 1 に近い値を示していることから, 環状流へ遷移するクオリティは平滑管とほぼ同じであると考えられる。しかし, 質量速度が $100 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{s)}$ における Y の値は 1.5~1.8 を示しており, 平滑管の場合よりも低クオリティ域で環状流へ遷移することを示している。図 5.2 の中・下段に示す中圧および高圧条件での Y の値は, いずれの質量速度においても 1 より大きく, 高圧になる程, Y はより高い値を示している。以上の検討より, Y を次式で整理した。

$$Y = \frac{\pi}{\phi_{s \text{ Mori}}} = \exp \left[1.21 (Bo \times 10^4)^{0.1} Fr_v^{1.37} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.66} \left(\frac{x}{1-x} \right) \right] \quad (5.1)$$

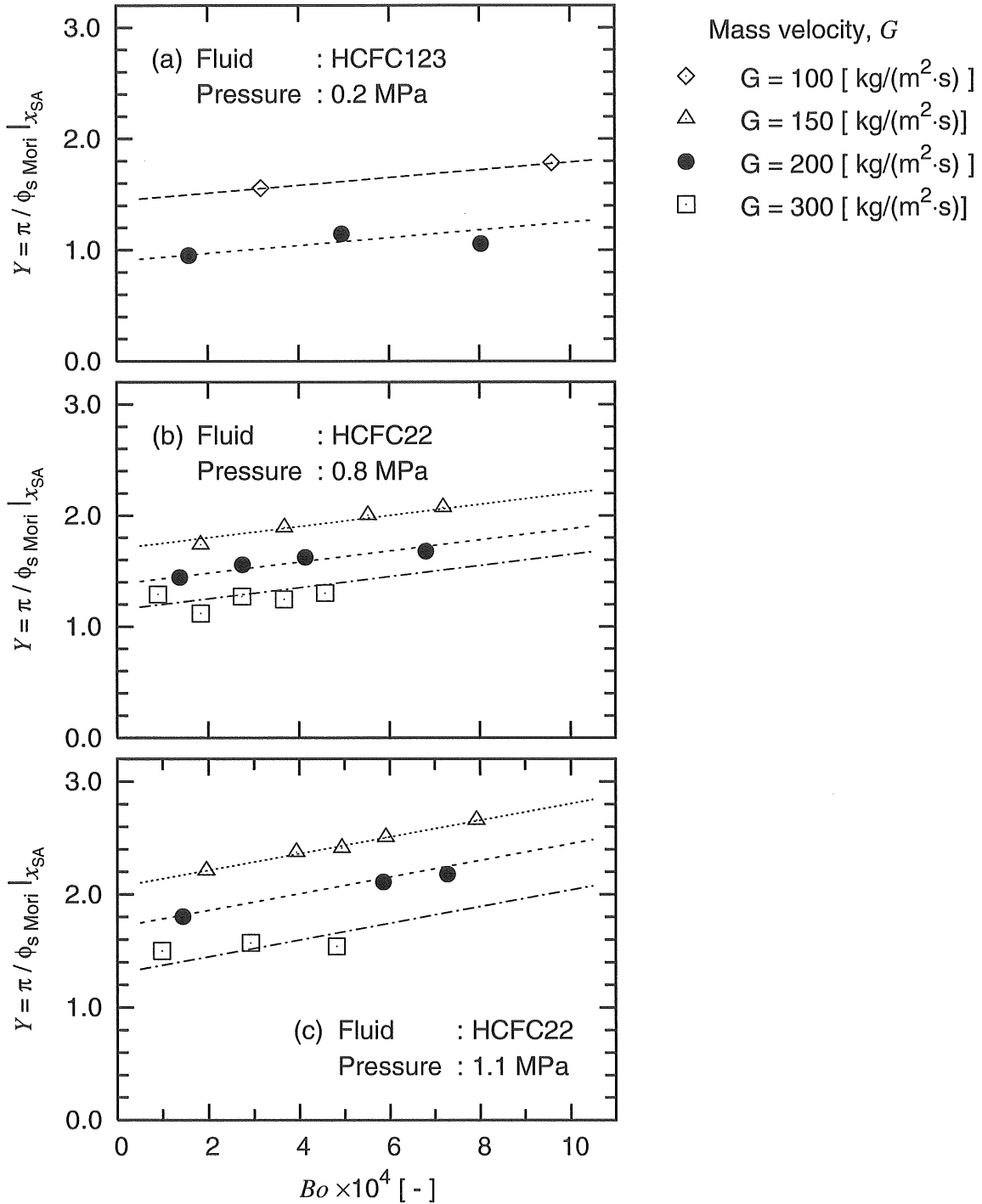


図 5.2 x_{SA} における平滑管の濡れ境界角度との比較

森らの式から算出した $\phi_{s \text{ Mori}}$ に式 (5.1) から算出した Y を乗じ、その値が π となる x が分離流から環状流へ遷移するクオリティの予測値である。参考までに森らの濡れ境界角度の予測式 [9] を次式に示す。

$$\phi_{s \text{ Mori}} = \left[1 + 0.75 \left\{ \left(\frac{x}{1-x} \right) \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} \right)^{0.5} \right\}^n \times \exp \left\{ 1.06 - 23.8 \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right) \right\} \right] \cdot \phi_0 \quad (5.2)$$

$$n = 0.26 Fr_v^{0.84} (Bo \times 10^4)^{-0.16} \quad (5.3)$$

$$1 - \frac{\phi_0 - \sin \phi_0 \cos \phi_0}{\pi} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1-x}{x} \right) \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)} \quad (5.4)$$

$$Bo = \frac{q}{G \Delta h} \quad (5.5)$$

$$Fr_v = \frac{G}{\sqrt{g d_i \rho_v (\rho_l - \rho_v)}} \quad (5.6)$$

5.1.2 管頂側が乾く分離流と管頂側が濡れる分離流の境界

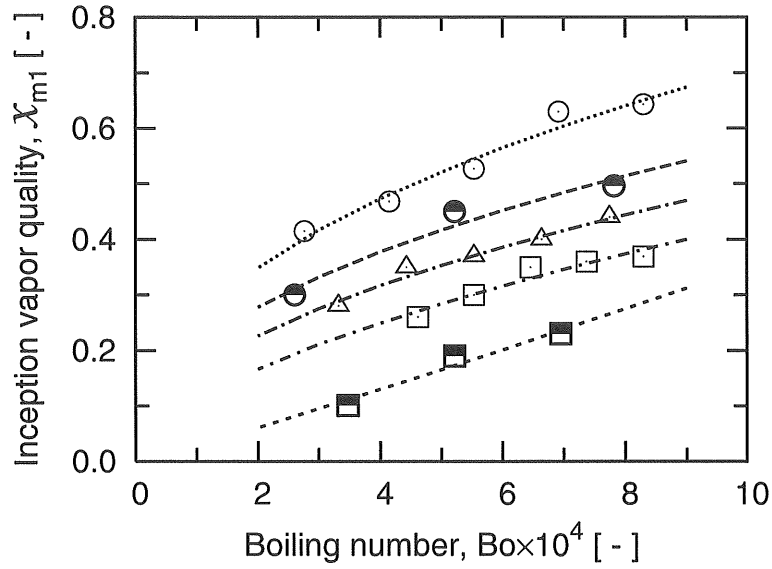
図 4.14 に示したように、管頂側の濡れ開始クオリティ, x_{m1} , と濡れ完了クオリティ, x_{m2} , より管頂側が乾く分離流と管頂側が濡れる分離流の境界がわかる。

管頂側の溝内に液膜が形成される主な要因は、蒸気速度の増大によって管底側の液冷媒が伝熱面に沿って管頂側へ上昇する効果と加熱によって上昇した液膜が蒸発する効果の2点と考え、これらの要因に関係のあるフルード数, Fr_v , とボイリング数, Bo , で x_{m1} と x_{m2} を整理する。

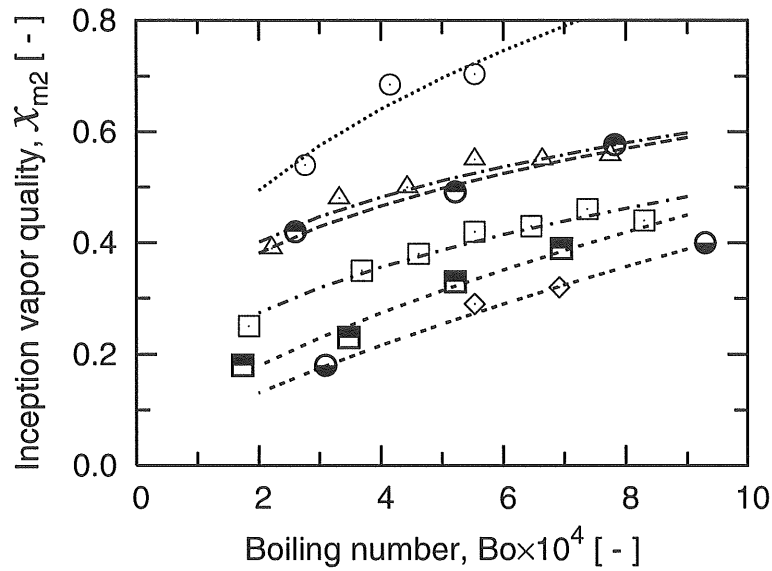
図 5.3 に実験データから得た x_{m1} , x_{m2} の測定値とボイリング数との関係を示す。図 5.3(a) に示す x_{m1} の測定値はボイリング数に対してほぼ一律に増大している。質量速度とボイリング数が同じ場合、高圧になる程 x_{m1} は高い値を示す。これは、圧力が高くなることで蒸気速度が遅くなり、管頂側へ供給される液冷媒の量が減少するためと考えられる。図 5.3(b) に示す x_{m2} の測定値についても図 5.3(a) に示した実験データと同じ傾向を示す。以上の検討から、 x_{m1} , x_{m2} を次式で整理した。

$$x_{m1} = 0.30 (Bo \times 10^4)^{0.59} Fr_v^{-1.82} \quad (5.7)$$

$$x_{m2} = 0.47 (Bo \times 10^4)^{0.35} Fr_v^{-1.2} \quad (5.8)$$



(a) x_{m1} と Bo の関係



(b) x_{m2} と Bo の関係

G \ P	0.2MPa	0.8MPa	1.1MPa
100kg/(m ² s)	●	◐	○
150kg/(m ² s)	/	/	△
200kg/(m ² s)	/	■	□
250kg/(m ² s)	/	/	◇

図 5.3 x_{m1} および x_{m2} と Bo の関係

$x \leq x_{m1}$ のとき管頂側の伝熱面が乾く分離流と判定し、 $x > x_{m2}$ のとき管頂側の溝内に薄い液膜を形成する分離流と判定する。ただし、 $x_{m2} < x_{m1}$ の場合には、 $x_{m2} = x_{m1}$ とする。

5.1.3 管周全域に非常に薄い液膜を形成する環状流に関する境界

内面ら旋溝付管において管周全域に非常に薄い液膜が形成され、熱伝達特性が急激に変化する領域が存在することを第4章第3節で示した。ここでは、管周全域に非常に薄い液膜を形成する環状流に遷移し始めるクオリティ、 x_{am1} 、と完了するクオリティ、 x_{am2} 、に関する予測式を作成する。

蒸気と液が同一速度で流れると仮定した場合、すべての液冷媒が溝内を流れることができるクオリティ、 x_{am0} 、の値は次式で算出できる。

$$x_{am0} = \frac{1}{1 + \left\{ (d_i / d_{min})^2 - 1 \right\} \cdot (\rho_l / \rho_v)} \quad (5.9)$$

ここに、 d_i は平均直径、 d_{min} は溝山直径を示す。本研究では、この x_{am0} を用いて x_{am1} と x_{am2} を整理する。

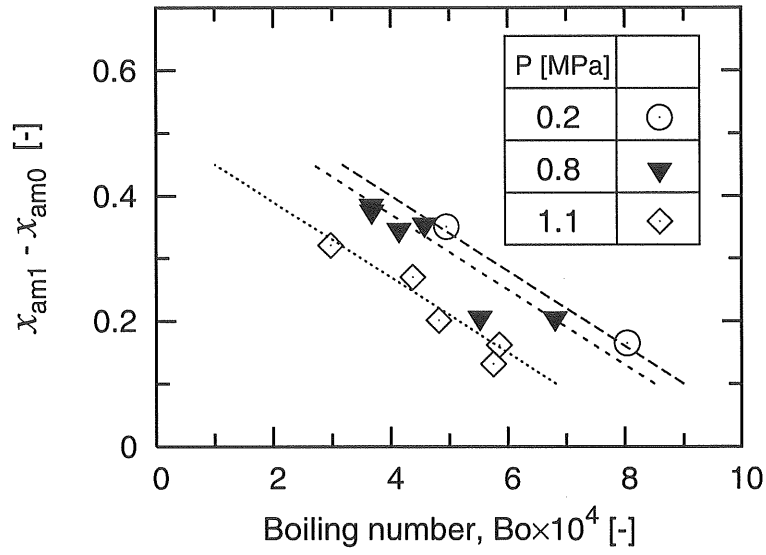
図 5.4 に x_{am1} および x_{am2} の測定値から上式で算出した x_{am0} の値を引いた値とボイリング数、 Bo 、との関係を示す。パラメータは気液密度比と関わりのある圧力である。 $x_{am1} - x_{am0}$ と $x_{am2} - x_{am0}$ の値は多少のばらつきがうかがえるが、いずれの圧力においてもボイリング数が増大すると低下する傾向を示している。つまり、熱流束が高くなる程もしくは質量速度が小さくなる程、管周全域に薄い液膜を形成する環状流へ遷移しやすくなる。

x_{am1} 、 x_{am2} をボイリング数と気液密度比、 ρ_l / ρ_v 、を用いて整理した結果、次式を得た。

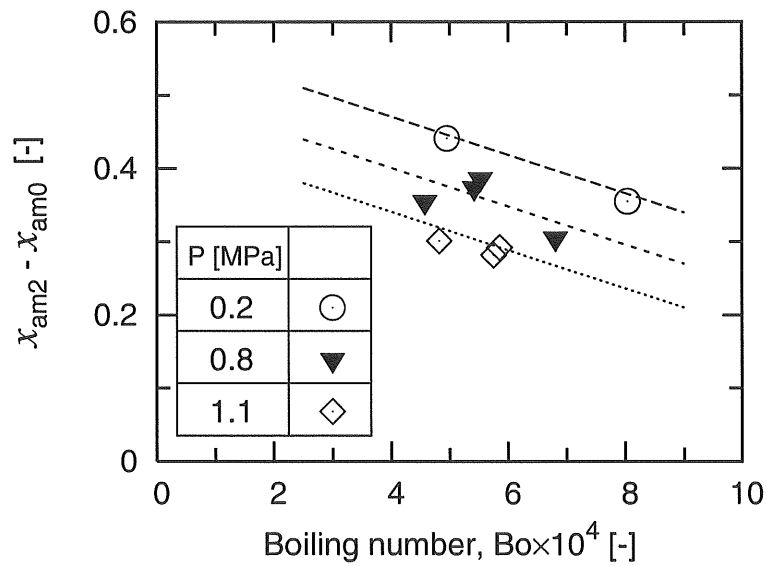
$$x_{am1} = x_{am0} + 0.77 (Bo \times 10^4)^{-1.53} (\rho_l / \rho_v)^{0.35} \quad (5.10)$$

$$x_{am2} = x_{am0} + 0.14 (Bo \times 10^4)^{-0.95} (\rho_l / \rho_v)^{0.47} + 0.17 \quad (5.11)$$

$x > x_{am2}$ のとき管周全域に極めて薄い液膜が形成される環状流で、 $x_{am1} < x \leq x_{am2}$ は遷移域である。ただし、 $x_{am2} < x_{am1}$ の場合には、 $x_{am2} = x_{am1}$ とする。



(a) x_{am1} と Bo の関係



(b) x_{am2} と Bo の関係

図 5.4 x_{am1} および x_{am2} と Bo の関係

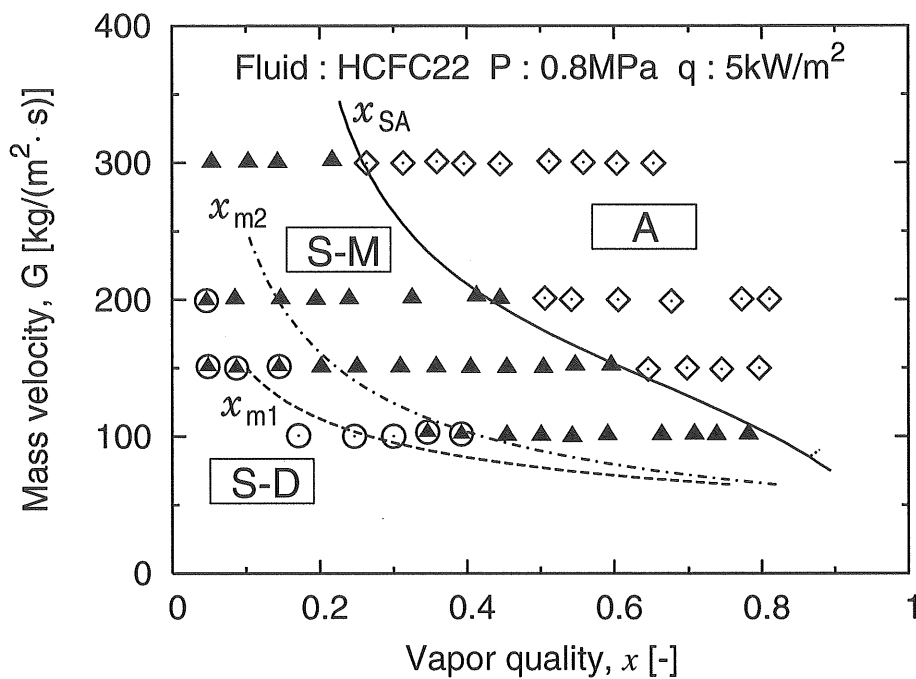
5.2 実験データと予測値との比較

図 5.5~5.7 に実験データから得た流動様相の測定値と式 (5.1) と (5.2) の積が π となるクオリティ, x_{SA} , 式 (5.7)~(5.11) より算出した, x_{m1} , x_{m2} , x_{am1} , x_{am2} の予測値を示す。図 5.5, 5.6, 5.7 はそれぞれ圧力が 0.2MPa, 0.8MPa, 1.1MPa における比較を示している。これらの図の横軸はクオリティ, 縦軸は質量速度であり, パラメータは圧力と熱流束である。なお, 流動様相が遷移域にある実験データに対しては, 遷移前後の流動様相を表す記号を図中に重ねて示した。図中の A, A-M, S-M, S-D は図 4.16 に示す流動様相を表す略記号である。

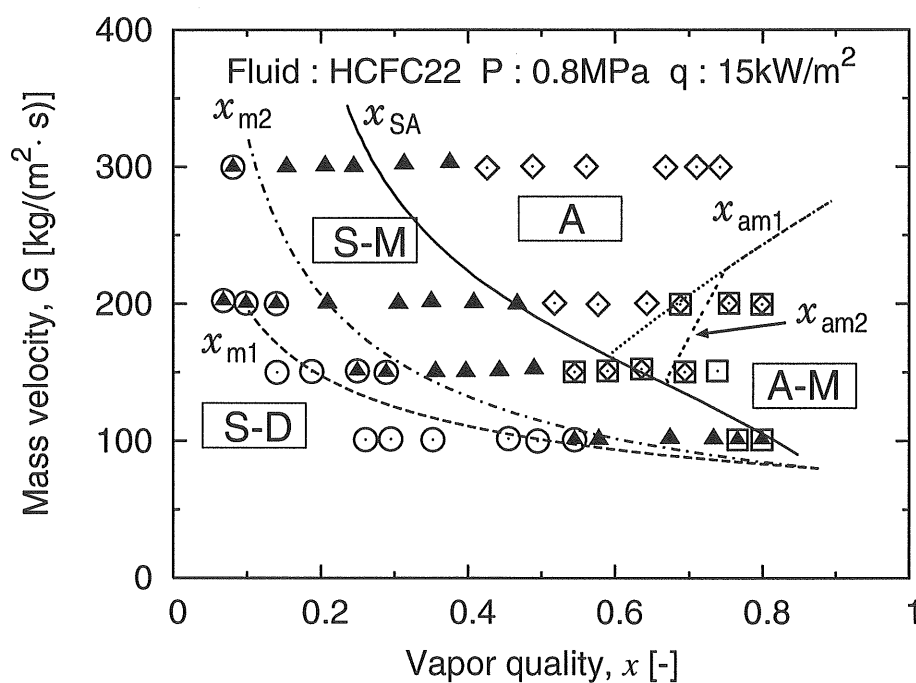
図 5.5~5.7 の上段に示す熱流束 $5\text{kW}/\text{m}^2$ の場合, 分離流から環状流へ遷移するクオリティ, x_{SA} , の予測値は, 圧力 0.2MPa の実験データに対して全体的に 0.1 程度低い値を示している。しかし, いずれの圧力の条件においても, x_{SA} の予測値は, 質量速度が増大すると低クオリティ側へ移動するという傾向を良く表わしている。また, 高圧になる程, 高いクオリティの値で環状流へ遷移するという傾向に関しても実験値と一致している。

図 5.5~5.7 の下段に示す熱流束 $15\text{kW}/\text{m}^2$ の場合と熱流束 $5\text{kW}/\text{m}^2$ の場合とを比較すると, いずれの圧力においても管頂側が乾いた分離流の領域 (○印) は熱流束が増大すると広くなり, それに追従して x_{m1} , x_{m2} の予測値も高クオリティ側へ移動している。このことから式 (5.10) と式 (5.11) は熱流束に対する傾向を良く表わしていることがわかる。また, 熱流束が増大すると管周全域に薄い液膜を形成する環状流 (□印) の領域も広がっている。この流動様相に対する遷移境界線の予測値は, 圧力 0.2MPa で $100\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ の場合を除いて実験値と良く一致している。

図 5.8 に示した高熱流束 ($25\text{kW}/\text{m}^2$) の条件においても, 圧力 1.1MPa, 質量速度 $300\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ を除いて, 本研究で作成した予測式は流動様相が変化する境界を良好に予測している。



(a) 熱流束 5 kW/m²



(b) 熱流束 15 kW/m²

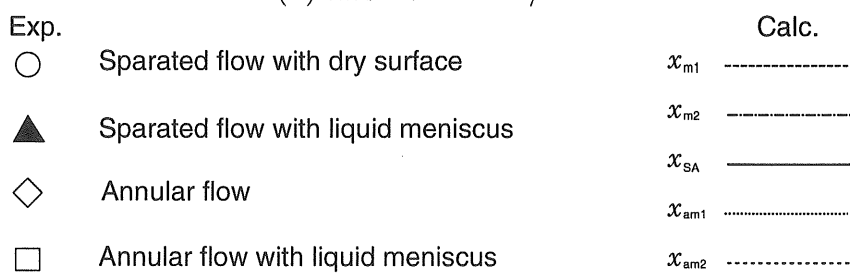
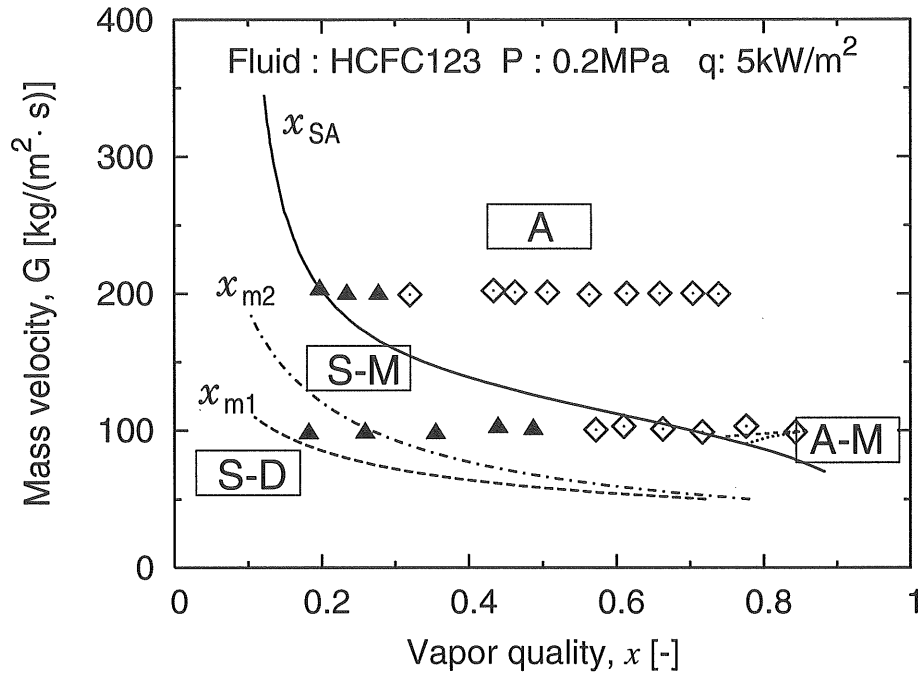
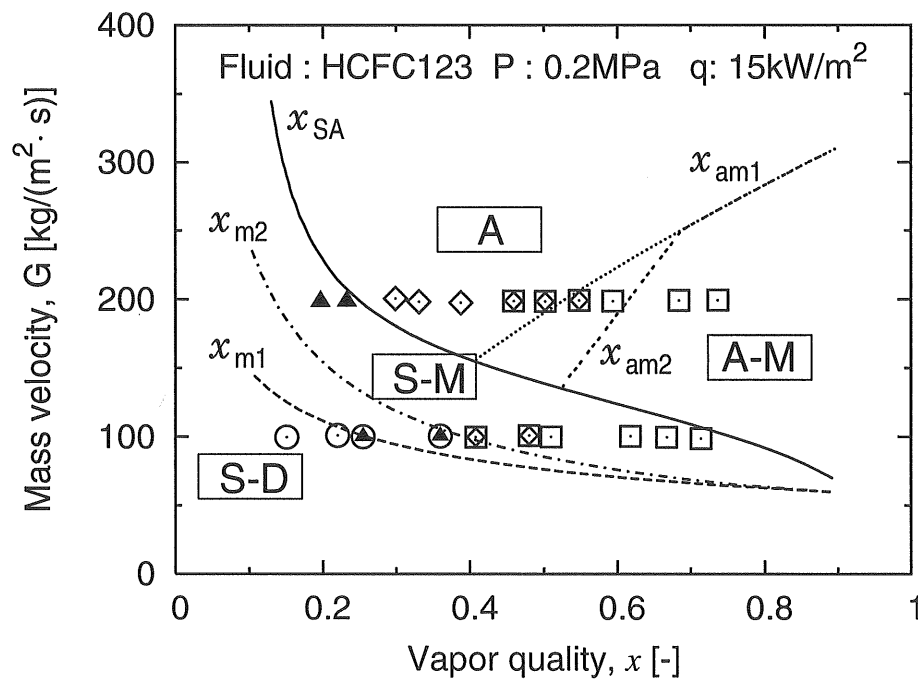


図 5.5 圧力 0.8MPa における HCFC22 の流動様相の測定結果と予測値との比較



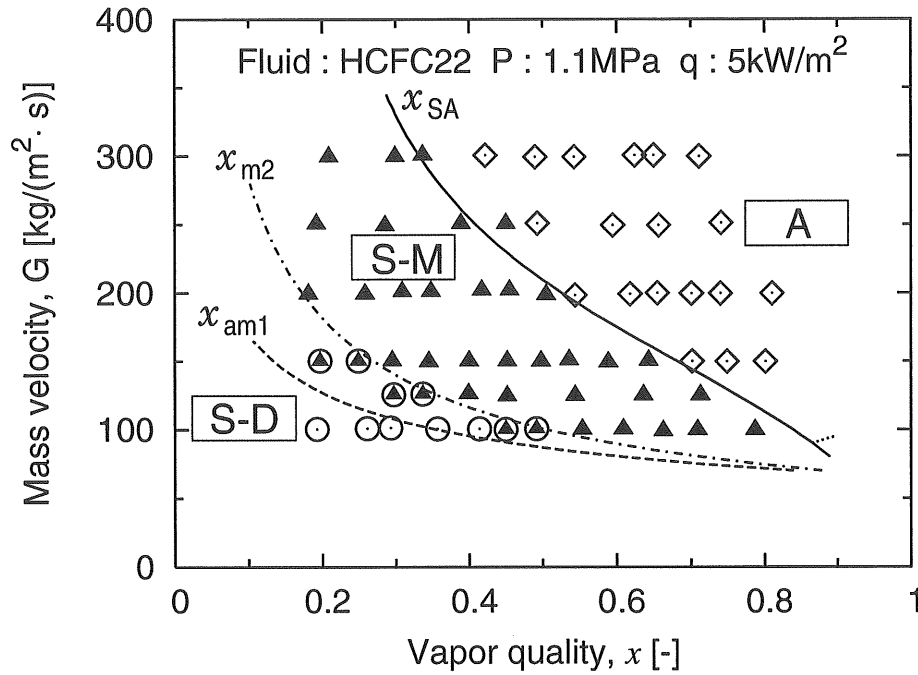
(a) 熱流束 5 kW/m²



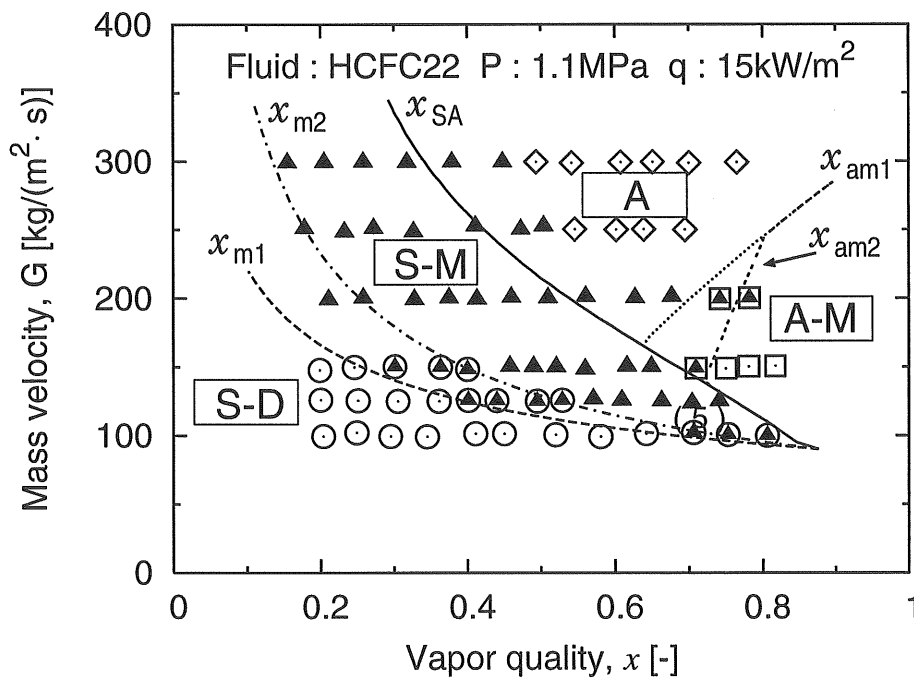
(b) 熱流束 15 kW/m²

- | Exp. | | Calc. |
|------|------------------------------------|---------------------|
| ○ | Sparated flow with dry surface | x_{m1} - - - - - |
| ▲ | Sparated flow with liquid meniscus | x_{m2} - - - - - |
| ◇ | Annular flow | x_{SA} ———— |
| □ | Annular flow with liquid meniscus | x_{am1} ······ |
| | | x_{am2} - - - - - |

図 5.6 圧力 0.2MPa における HCFC123 の流動様相の測定結果と予測値との比較



(a) 熱流束 5 kW/m²



(b) 熱流束 15 kW/m²

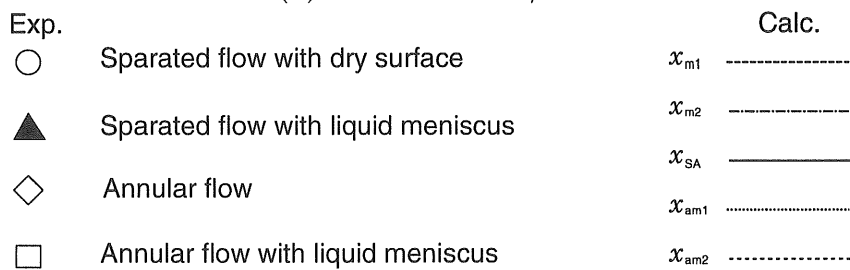
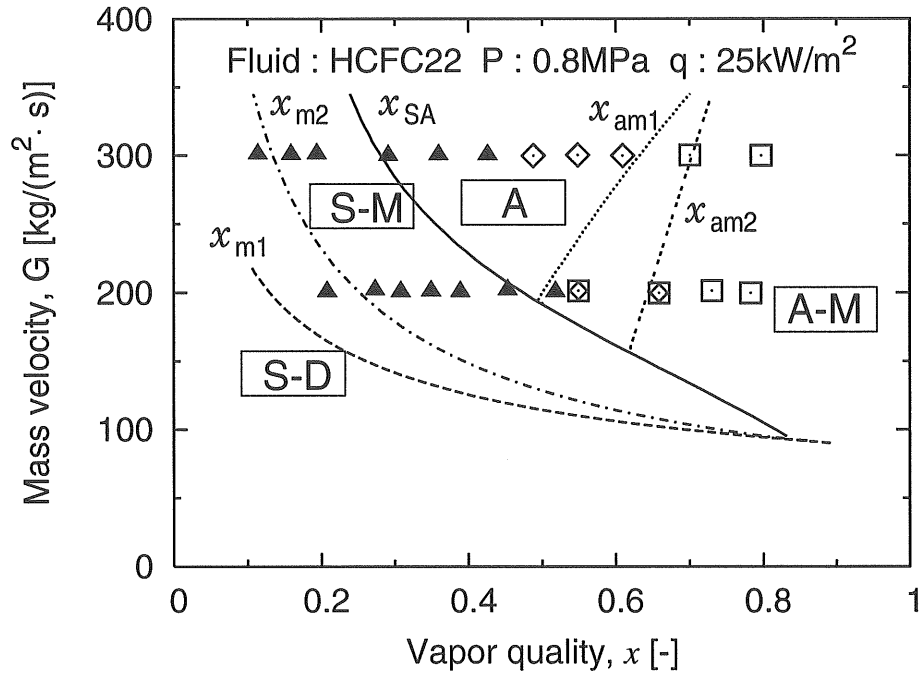
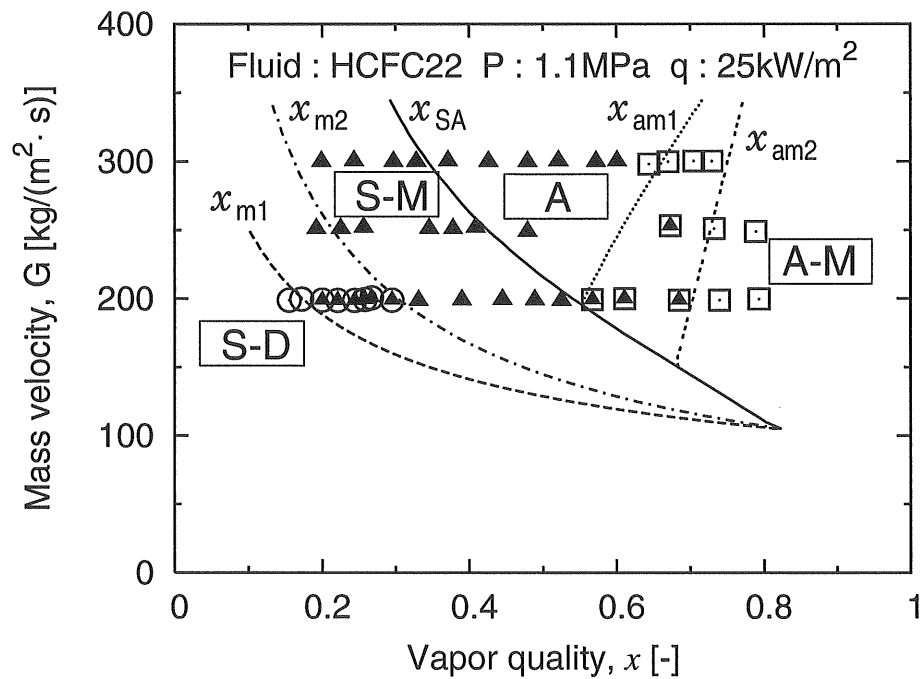


図 5.7 圧力 1.1MPa における HCFC22 の流動様相の測定結果と予測値との比較



(a) $P = 0.8 \text{ MPa}$



(b) $P = 1.1 \text{ MPa}$

- | Exp. | | Calc. |
|------|------------------------------------|-----------------|
| ○ | Sparated flow with dry surface | x_{m1} ----- |
| ▲ | Sparated flow with liquid meniscus | x_{m2} ----- |
| ◇ | Annular flow | x_{SA} ----- |
| □ | Annular flow with liquid meniscus | x_{am1} ----- |
| | | x_{am2} ----- |

図 5.8 高熱流束域 ($q = 25 \text{ kW/m}^2$) の実験データと予測値との比較

5.3 まとめ

本章では、内面ら旋溝付管内の流動様相を予測することを目的として、流動様相が変化するクオリティに関する予測式の作成を試み、以下の結論を得た。

1. 分離流から環状流へ遷移するクオリティを式(5.2)で表される平滑管に対する濡れ境界角度の予測式を基に整理し、平滑管の濡れ境界角度の予測値との差を表す式(5.1)を得た。式(5.1)と式(5.2)の積が π となる x を求めることで、実験データにおいて分離流から環状流へ遷移するクオリティ、 x_{SA} 、の値を予測することができる。
2. 分離流において管頂側が乾いた状態から濡れ始めるクオリティ、 x_{m1} 、管頂側が完全濡れるクオリティ、 x_{m2} 、について整理した結果、式(5.7)、式(5.8)を得た。これらの式を用いることで、実験データにおいて管頂側が乾いた分離流と管頂側の溝内に液膜を形成する分離流へ遷移するクオリティの値を予測することができる。
3. 管周全域に薄い液膜を形成する環状流へ遷移するクオリティ、 x_{am1} 、 x_{am1} 、を、管内を流れる全ての液冷媒が溝内を流れるという考えに基づき、整理した結果、式(5.10)と式(5.11)を得た。これらの式を用いることで、実験データにおいて管周全域に薄い液膜を形成する環状流へ遷移するクオリティの値を予測することができる。
4. これらの整理式より求めた流動様相が遷移するクオリティは、実験データにおいて流動様相が遷移するクオリティと良く一致することを示した。

第6章 管内蒸発熱伝達係数の予測

本章では、管内蒸発熱伝達係数の整理を試みる。管内蒸発熱伝達は流動様相に強く影響を受けるため、本研究ではそれぞれの流動様相に対して個別に伝熱整理を行う。さらに、流動様相を第4章で作成した予測式を用いて判定し、流動様相を考慮して蒸発熱伝達係数を予測する手法を提案する。

6.1 伝熱整理の概要

前章の考察より、内面ら旋溝付管内の熱伝達特性を決定していると考えられる主な流動様相は以下の4種類に分類できることを示した。

1. 環状流
2. 管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流
3. 管頂側の溝内に液膜が形成される分離流
4. 管頂側の伝熱面が乾く分離流

本研究では、第4章第3節で示した流動様相の判定方法に基づき実験データを上記1~4に分類し、それぞれの流動様相に対して蒸発熱伝達係数の予測式を作成する。なお、予測式の作成には次に示す範囲の実験データを用いた。

圧力	0.2~ 1.1 MPa
質量速度	100 ~ 300 kg/(m ² ·s)
熱流束	5 ~ 25 kW/m ²
クオリティ	0.1 ~ 0.8

6.2 環状流域

6.2.1 伝熱面上の液膜が十分に厚い場合 (通常の間状流)

Chen [10] は、管内蒸発流における全熱流束は、二相強制対流による熱流束と核沸騰による熱流束の和で求まると考え、熱伝達係数を次式で表している。

$$\alpha = \alpha_{cv} + \alpha_{nb} \quad (6.1)$$

$$\alpha_{cv} = \alpha_l \cdot F \quad (6.2)$$

$$\alpha_{nb} = \alpha_{pb} \cdot S \quad (6.3)$$

ここに、 α_{cv} は強制対流による熱伝達係数、 α_{nb} は核沸騰による熱伝達係数である。 α_l は液のみが管内を流れる場合の熱伝達係数、 F は Reynolds number factor と呼ばれ、二相流において速度が増大する効果を液のみが管内を流れるときの速度の効果との比で表したものである。また、 α_{pb} はプール核沸騰熱伝達係数、 S は Suppression factor と呼ばれ、有効過熱度がプール核沸騰の場合と比べて管内蒸発流では減少することを示すパラメータである。

高松ら [14] は上述した Chen の形式を基に、環状流域における水平平滑管内蒸発熱伝達係数の予測式を提案している。高松らの式では核沸騰の寄与分、 α_{nb} 、を全熱流束から算出しているのにも関わらず、有効過熱度の減少を区別して取り扱っている点が優れている。

本研究では、環状流域における熱伝達係数を上述した Chen の形式で表し、核沸騰の寄与分に関して高松らの方法を用いて整理する。

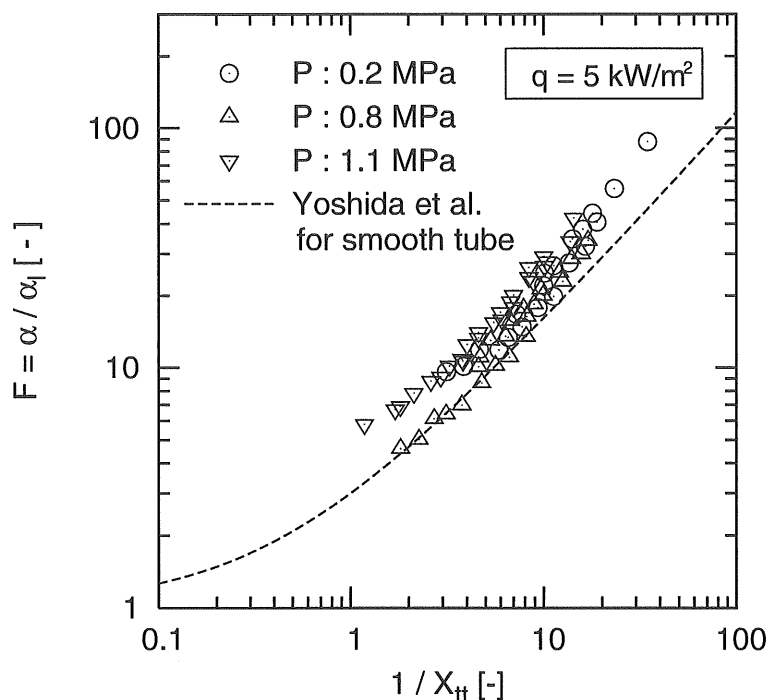
強制対流の寄与分、 α_{cv}

第3章第2節では、本試験伝熱管に対する液単相流熱伝達係数を Dittus-Boelter [11] の形式で整理できた。したがって、式 (6.2) の液のみが管内を満たして流れる場合の熱伝達係数、 α_l 、を次式で求める。

$$\alpha_l = 0.040 Re_1^{0.8} Pr_1^{0.4} \left(\frac{\lambda_l}{d_i} \right) \quad (6.4)$$

$$Re_1 = \frac{G(1-x)d_i}{\mu_l} \quad (6.5)$$

ここに、 Re_1 は液のみが管内を流れる場合のレイノルズ数である。

図 6.1 α / α_{10} と $1 / X_{tt}$ の関係

平滑管を対象とした従来の研究 [5, 10, 14] によると, 強制対流支配域の熱伝達係数は $F = \alpha_{cv} / \alpha_1 = f(1/X_{tt})$ で整理できる。ここに, X_{tt} は Lockhart-Martinelli [41] パラメータであり, 次式で表される。

$$X_{tt} = \left(\frac{1-x}{x} \right)^{0.9} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.5} \left(\frac{\mu_l}{\mu_v} \right)^{0.1} \quad (6.6)$$

内面ら旋溝付管を対象とした従来の研究 [32] においても, 平滑管の場合と同じ手法で F が整理されていることから, 本研究においても従来の方法で F を整理する。

環状流域の実験データから F ならびに $1/X_{tt}$ の測定値を求めた結果を図 6.1 に示す。ここでの目的は強制対流支配域での蒸発熱伝達係数の整理を行うことであるため, 図には核沸騰の寄与分が小さいと思われる熱流束 5 kW/m^2 の実験データのみを示している。また, 図には平滑管に対して提案された吉田ら [5] の式から算出した F の予測値を示している。以下に吉田らの式, $F_{Yoshida}$, を示す。

$$F_{Yoshida} = 1.0 + 2.0 X_{tt}^{-0.88} \quad (6.7)$$

図より, 圧力 0.8 MPa における F の測定値は, $1/X_{tt} < 5$ の領域では他の実験データと比べて低い値を示しているが, 全体的に一本の線を中心に良くまとまっている。測定値と式 (6.7) から求めた吉田らの式による予測値とを比較すると, 測定

値は予測値に対して約30%高い値を示している。これは、溝による流れの攪乱効果により強制対流の寄与分が増大するからである。以上より、本研究では吉田らの F の予測式に溝の効果を表す項を追加する手法で整理する。以下に得られた内面ら旋溝付管に対する F の予測式を示す。

$$F = 1.0 + 2.0 X_{tt}^{-0.88} + 1.1 X_{tt}^{-1.26} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.25} \quad (6.8)$$

上式の第2項までが吉田らの平滑管に対する F の予測式で、第3項が溝の効果を表す項である。式(6.8)から算出した F の予測値と測定値を図6.2に示す。 F の予測値は、 $1/X_{tt}$ が小さい領域では偏差が幾分大きい、 $1/X_{tt} > 6$ の領域では測定値とよく一致している。以上より、通常の環状流域における強制対流の寄与分、 α_{cv} は式(6.4)と式(6.8)の積で求めることができる。

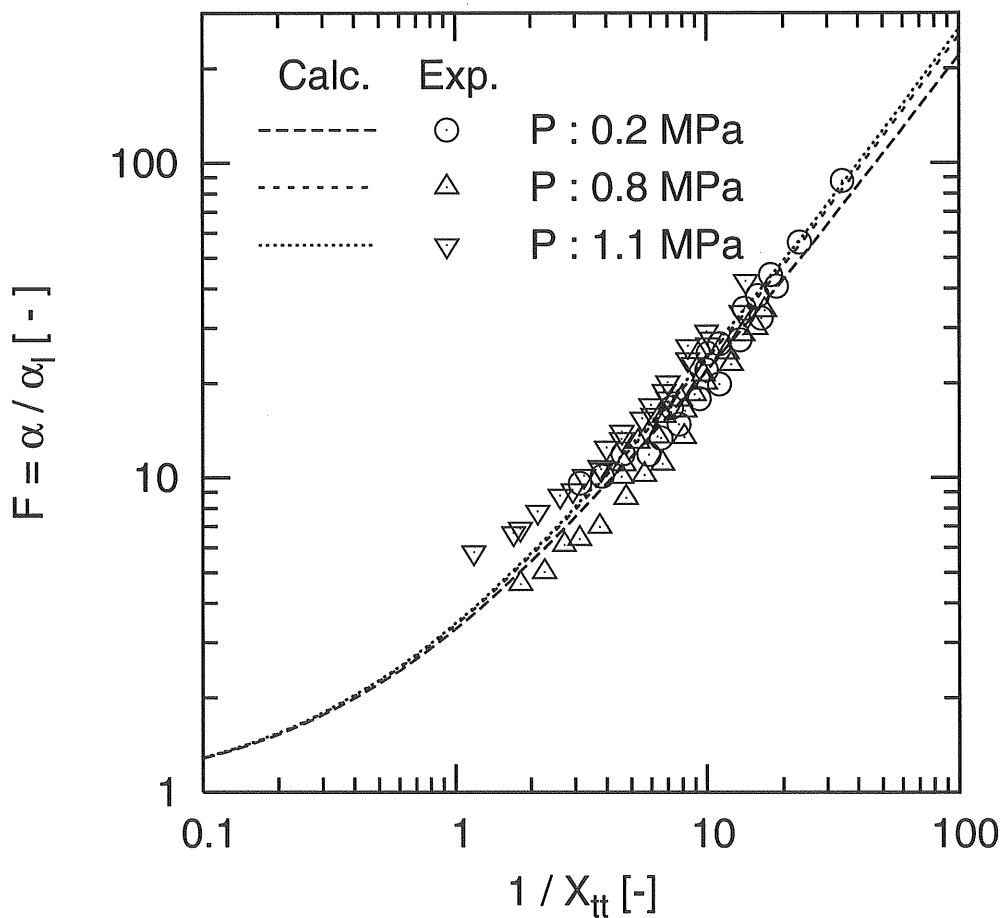


図 6.2 α/α_{10} と $1/X_{tt}$ の関係

核沸騰の寄与分, α_{nb}

管内蒸発熱熱伝達係数における核沸騰の寄与分は次に示す高松ら [14] の方法で整理する。

$$\alpha_{nb} = K^{0.745} \cdot S \cdot \alpha_{pb} \quad (6.9)$$

$$K^{0.745} = \frac{1}{1 + 0.768\eta + 0.351\eta^2 + 0.347\eta^3 + 0.131\eta^4} \quad (6.10)$$

$$\eta = \frac{\alpha_{cv}}{S \alpha_{pb}} \quad (6.11)$$

$$S = \frac{1 - e^{-\xi}}{\xi} \quad (6.12)$$

$$\xi = C_1 \cdot Ja^{*1.25} La \frac{\alpha_{cv}}{\lambda_l} \quad (6.13)$$

$$Ja^* = \frac{\rho_l}{\rho_v} \cdot \frac{Cp_l}{\Delta h} \cdot T_{sat} \quad (6.14)$$

$$\alpha_{pb} = C_2 \cdot \alpha_S = 246 \left(\frac{\lambda_l}{La} \right)^{0.255} \left(\frac{q}{T_{sat}} \right)^{0.745} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.581} Pr_1^{0.533} \quad (6.15)$$

$$La = \sqrt{\frac{2\sigma}{g(\rho_l - \rho_v)}} \quad (6.16)$$

ここに、式(6.13)の C_1 は離脱気泡径に対する実験定数で、式(6.15)の C_2 はStephan-Abdelsalam [42]のプール核沸騰熱伝達係数の整理式から算出した予測値、 α_S に対する補正係数である。

図6.3にパラメータを圧力とし、クオリティが0.5における環状流域の熱伝達係数の測定値を熱流束に対して示す。プール核沸騰熱伝達は高圧になる程良好になる[43]。本実験データにおいてもプール核沸騰と同様の傾向を示している。低熱流束域($q = 5 \sim 10 \text{ kW/m}^2$)では強制対流が支配的であるため、熱流束が増大しても熱伝達係数は大きく変化していない。熱流束が 15 kW/m^2 以上では核沸騰の寄与分が増大し、熱伝達係数は増大するが、その増大率は熱流束の0.745乗にほぼ比例している。このことから、溝付管においてもStephan-Abdelsalamのプール核沸騰熱伝達係数の整理式に基づいて核沸騰の寄与分が整理できることが示されている。

高松ら [14]は平滑管に対して $C_1 = 3.3 \times 10^{-5}$ 、 $C_2 = 1.35$ が最適値として求めている。溝付管の場合、平滑管と比べて流れはより一層乱れるため、離脱気泡直径は

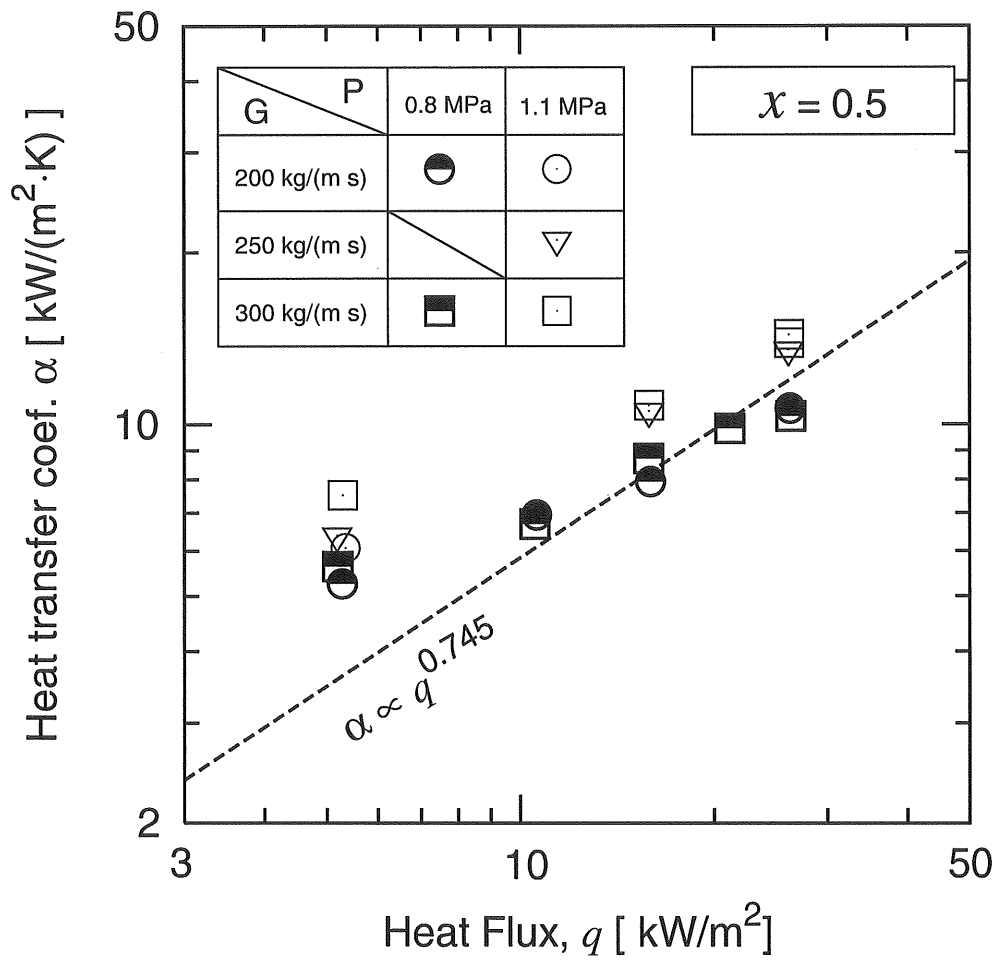


図 6.3 熱流束と蒸発熱伝達係数の関係

平滑管よりも小さくなると考えられる。また、伝熱面の表面性状は溝加工を施すことで粗くなり、核沸騰熱伝達の寄与分が平滑管の場合よりも増大する。このことから、溝付管に対する C_1 の値は 3.3×10^{-5} よりも小さく、 C_2 の値は1.33よりも大きいと考えられる。そこで、環状流域の実験データを用いて C_1 を 3.3×10^{-5} よりも小さく、 C_2 を1.33よりも大きい値で試行錯誤した結果、 $C_1 = 1.2 \times 10^{-5}$ 、 $C_2 = 2.4$ にしたとき実験データと最も良く一致した。したがって、これらの値を C_1 と C_2 の最適値とした。

以上より、環状流域の蒸発熱伝達係数の予測式を以下にまとめて示す。

$$\alpha = \alpha_{cv} + \alpha_{nb} \quad (6.17)$$

ここに、 α_{cv} は次式で求まる。

$$\alpha_{cv} = \alpha_1 \cdot F \quad (6.18)$$

$$\alpha_1 = 0.040 Re_1^{0.8} Pr_1^{0.4} \left(\frac{\lambda_l}{d_i} \right) \quad (6.19)$$

$$Re_1 = \frac{G(1-x)d_i}{\mu_l} \quad (6.20)$$

$$F = 1.0 + 2.0 X_{tt}^{-0.88} + 1.1 \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.25} X_{tt}^{-1.26} \quad (6.21)$$

$$X_{tt} = \left(\frac{1-x}{x} \right)^{0.9} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.5} \left(\frac{\mu_l}{\mu_v} \right)^{0.1} \quad (6.22)$$

さらに、 α_{nb} は次式で求まる。

$$\alpha_{nb} = K^{0.745} \cdot S \cdot \alpha_{pb} \quad (6.23)$$

$$K^{0.745} = \frac{1}{1 + 0.768\eta + 0.351\eta^2 + 0.347\eta^3 + 0.131\eta^4} \quad (6.24)$$

$$\eta = \frac{\alpha_{cv}}{\alpha_{pb} S} \quad (6.25)$$

$$\alpha_{pb} = 2.4 \times 246 \left(\frac{\lambda_l}{La} \right)^{0.255} \left(\frac{q}{T_{sat}} \right)^{0.745} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.581} Pr_1^{0.533} \quad (6.26)$$

$$La = \sqrt{\frac{2\sigma}{g(\rho_l - \rho_v)}} \quad (6.27)$$

$$S = \frac{1 - e^{-\xi}}{\xi} \quad (6.28)$$

$$\xi = 1.2 \times 10^{-5} \cdot Ja^*{}^{1.25} La \left(\frac{\alpha_{cv}}{\lambda_l} \right) \quad (6.29)$$

$$Ja^* = \left(\frac{\rho_l}{\rho_v} \right) \cdot \left(\frac{Cp_l}{\Delta h} \right) \cdot T_{sat} \quad (6.30)$$

6.2.2 伝熱面上の液膜が非常に薄い場合

管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流域の熱伝達係数は、クオリティが変化してもほぼ同じ値を示すことを第4章第3節で示した。このような特性と伝熱面上の液膜が非常に薄いということから、この流動様相における伝熱機構は液膜内の熱伝導が支配的と考えられる。そこで、管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流域の熱伝達係数を次式で表す。

$$\alpha = C_{am} \left(\frac{\lambda_l}{h} \right) \quad (6.31)$$

ここに、 λ_l は液の熱伝導率、 h は溝深さ、 C_{am} は液膜厚さに関する無次元パラメータである。本研究では、この C_{am} を経験的に整理し、管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流域に対する熱伝達係数の予測式を作成する。

C_{am} の値を決める主な要因は、(1) 伝熱面における液の蒸発量、(2) 内部コアを流れる蒸気の慣性力、(3) 表面張力、の3つと考えられる。

図6.4に気液密度比と関わりのある圧力をパラメータとし、 C_{am} の測定値と熱流束の関係を示す。なお、図には、管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流域の実験データから求めた C_{am} の値のみを示している。熱流束が増大すると C_{am} の値はいづれの圧力においても熱流束の0.75乗に比例している。また、 C_{am} は高圧になる程高い値を示している。

C_{am} をボイリング数、 Bo 、の0.75乗で除した値とウェーバー数、 We_v 、との関係を図6.5に示す。ボイリング数は熱流束に関する無次元数である。ウェーバー数、 We_v 、は慣性力と表面張力の比を表す無次元数で、気液二相流での現象を整理するときに広く使用されている。 $C_{am}/(Bo \times 10^4)^{0.75}$ の値はウェーバー数の0.325乗に比例して増大している。

以上の検討より、ボイリング数、ウェーバー数、気液密度、 ρ_v/ρ_l 、を用いて整理す

ると, C_{am} に関して次式を得た。

$$C_{am1} = 29.4 (Bo \times 10^4 \cdot We_v^{0.5})^{0.75} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.86} \quad (6.32)$$

上式より, 管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流域の熱伝達係数を次式で求める。

$$\alpha_{am} = 29.4 (Bo \times 10^4 \cdot We_v^{0.5})^{0.75} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.86} \left(\frac{\lambda_l}{h} \right) \quad (6.33)$$

$$Bo = \frac{q}{G \Delta h} \quad (6.34)$$

$$We_v = \frac{G^2 d_i}{\rho_v \sigma} \quad (6.35)$$

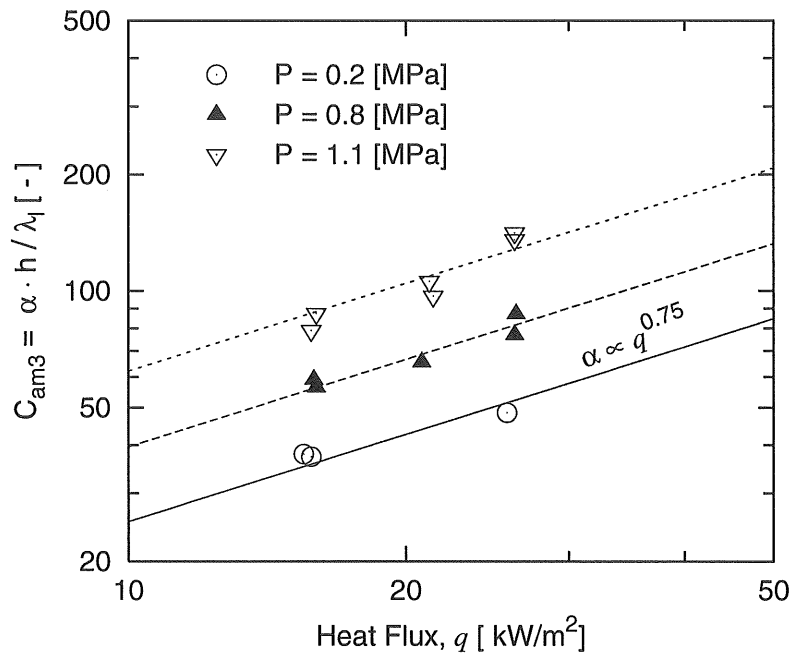


図 6.4 無次元パラメータ, C_{am} , と熱流束の関係

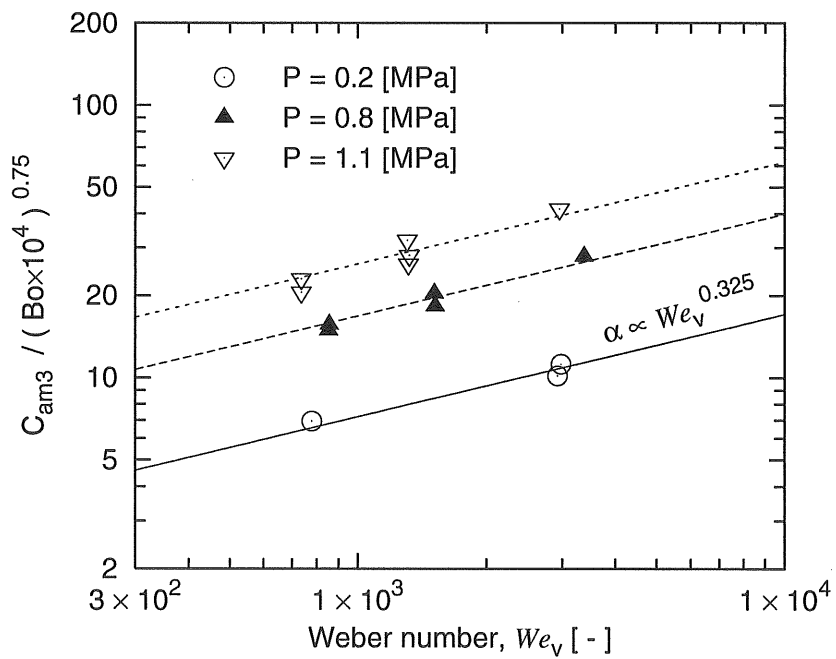


図 6.5 $C_{am}/(Bo \times 10^4)^{0.75}$ とウエーバー数, We_v の関係

6.3 分離流域

管頂側の溝内に薄い液膜が形成される分離流域および管頂側が乾く分離流域での管周平均熱伝達係数は、図 6.6 に示す伝熱モデルを基に算出する。図中の ϕ_s は濡れ境界角度であり、管底側の伝熱面が液冷媒で十分に濡らされている領域と管頂側に薄い液膜を形成する領域または管頂側が乾く領域との境界を管底点からの角度で示したものである。 α_{ww} は管底側で液冷媒が溝山を越えて流れる領域の平均熱伝達係数である。 α_m は管頂側の溝内に液膜が形成される領域の平均熱伝達係数、 α_d は管頂側の伝熱面が乾く領域の平均熱伝達係数を示し、管内の流動様相により α_m か α_d のどちらかに決まる。本研究では、上述した ϕ_s 、 α_{ww} 、 α_m または α_d をそれぞれ予測し、これらの値を用いて吉田ら [5] [9] の管周方向の熱伝導のみを考慮した管周方向一次元定常熱伝導の解析解を用いて管周平均熱伝達係数を算出する。なお、この算出方法については付録 A に示している。

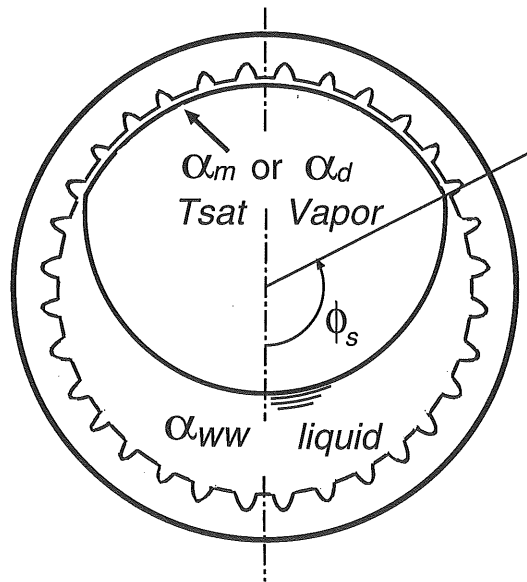


図 6.6 分離流域における伝熱モデル

ここで、 ϕ_s を前章で整理した内面ら旋溝付管に対する分離流と環状流の境界に関する予測式を用いて求める。

$$\phi_s = Y \cdot \phi_{s \text{ Mori}} \quad (6.36)$$

$$Y = \exp \left[1.21 (Bo \times 10^4)^{0.1} Fr_v^{1.37} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.66} \left(\frac{x}{1-x} \right) \right] \quad (6.37)$$

ここに、 $\phi_{s \text{ Mori}}$ は平滑管に対する濡れ境界角度であり式(5.2)より算出する。管底

側で液冷媒が十分存在する領域における伝熱機構は環状流の場合と同じと考え、 α_{ww} を式(6.17)~(6.30)に示した環状流域に対する熱伝達係数の予測式から算出する。管頂側の平均熱伝達係数、 α_m 、または、 α_d 、は管内の流動様相を予測したのち、管頂側の溝内に液膜が形成される場合は、後述する式(6.41)を、管頂側が乾く場合は式(6.48)を用いて算出する。

6.3.1 管頂側の溝内に液膜が形成される領域の平均熱伝達係数

この領域での熱伝達特性は、(1) 蒸気流による慣性力、(2) 熱流束、(3) 管底側を流れる液冷媒が重力に逆らって管頂側へ供給される量、(4) 密度比、に起因するという考えに基づき、本研究では、上記(1)~(4)に関する無次元数として Re_v 、 Bo_t 、 Fr_v 、 ρ_v/ρ_l を用い、 α_m を以下の形式で整理する。

$$\alpha_m = C_{m0} (Re_v \times 10^{-4})^{C_{m1}} (Bo_t \times 10^4)^{C_{m2}} Fr_v^{C_{m3}} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{C_{m4}} \quad (6.38)$$

ここに、 Re_v は管内に蒸気のみが流れる場合のレイノルズ数、 Bo_t は管頂側の溝内に液膜が形成されている領域の平均熱流束から求まるボイリング数ある。 Fr_v はフルード数で、慣性力と重力との比を表す無次元数である。 $C_{m0} \sim C_{m4}$ は実験定数である。

管頂側が濡れる分離流と考えられる実験データから管頂側の平均熱伝達、 α_m 、を求め、 Re_v に対して示した結果を図 6.7 に示す。ここに、図に示した α_m の値は以下の手順で算出した。まず、管周平均熱伝達係数を測定した実験条件から α_{ww} と ϕ_s を式(6.17)~(6.30)、式(6.36)、(6.37)からそれぞれ求める。算出した α_{ww} 、 ϕ_s と α_m の仮定値を用いて管周方向一次元定常熱伝導の解析解から管周平均熱伝達係数を求める。この管周平均熱伝達係数の計算値と測定値とが一致するまで α_m を繰り返し計算する。ちなみに、図 6.7 には管頂側の溝内に液膜が形成されている領域が十分に存在すると考えられる $\phi_s < 5\pi/6$ の実験データのみを示している。この図より α_m の測定値は若干のばらつきを示しているが、全体的に Re_v の 0.2 乗に比例して増大している。このことから、 $C_{am1} = 0.2$ とする。

図 6.8 に α_t を $(Re_v \times 10^{-4})^{0.2}$ で除した値と Bo_t との関係を示す。 Bo_t は、管周方向一次元定常熱伝導の解析解より得た管頂側の平均熱流束、 q_t 、を用い、次式で算出した。

$$Bo_t = \frac{q_t}{G \Delta h} \quad (6.39)$$

図より、 α_m の値は Bo_t に対して 0.16 乗に比例していることから、 $C_{m2} = 0.16$ とする。

Fr_v と α_m の関係を図 6.9 に示す。なお、図の縦軸には α_m を $(Re_v \times 10^{-4})^{0.2}$ と $Bo_t^{0.16}$ で除した値を示している。 Fr_v に対する傾向を先程と同様に検討すると、 α_m は Fr_v の 0.8 乗に比例しており、このことから、 $C_{m2} = 0.8$ とする。

最後に、 C_{am0} と C_{am4} を管周平均熱伝達係数の予測値が測定値と最も良く一致するように試行錯誤より求めた結果、 $C_{am0} = 5.93 \times 10^3$ 、 $C_{am4} = 0.85$ が最適値として得られた。

実験定数 $C_{am0} \sim C_{am4}$ を以下にまとめて記す。

$$\left. \begin{array}{l} C_{m0} = 5.93 \times 10^3 \\ C_{m1} = 0.2 \\ C_{m2} = 0.16 \\ C_{m3} = 0.8 \\ C_{m4} = 0.85 \end{array} \right\} \quad (6.40)$$

以上より、分離流において管頂側の溝内に液膜が形成される領域の平均熱伝達係数の予測式として次式を得た。

$$\alpha_m = 5.93 \times 10^3 \cdot (Re_v \times 10^{-4})^{0.16} (Bo_t \times 10^4)^{0.2} \times Fr_v^{0.8} \left(\frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.85} \left(\frac{\lambda_l}{d_i} \right) \quad (6.41)$$

ここに、 Re_v と Fr_v を次式で算出し、 Bo_t を式 (6.39) で算出する。

$$Re_v = \frac{G x d_i}{\mu_v} \quad (6.42)$$

$$Fr_v = \frac{G}{\sqrt{g d_i \rho_v (\rho_l - \rho_v)}} \quad (6.43)$$

6.3.2 管頂側の伝熱面が乾く領域の平均熱伝達係数

吉田ら [5] は、平滑管の分離流域において管頂側が乾いてる領域の平均熱伝達係数を次式で整理している。

$$\alpha_{d \text{ Yoshida}} = \alpha_v \times \left\{ 1 + 1.53 \left(\frac{G x d_i}{\mu_v} \times 10^{-4} \right)^{-1.62} Fr_v^{0.49} \right\} \quad (6.44)$$

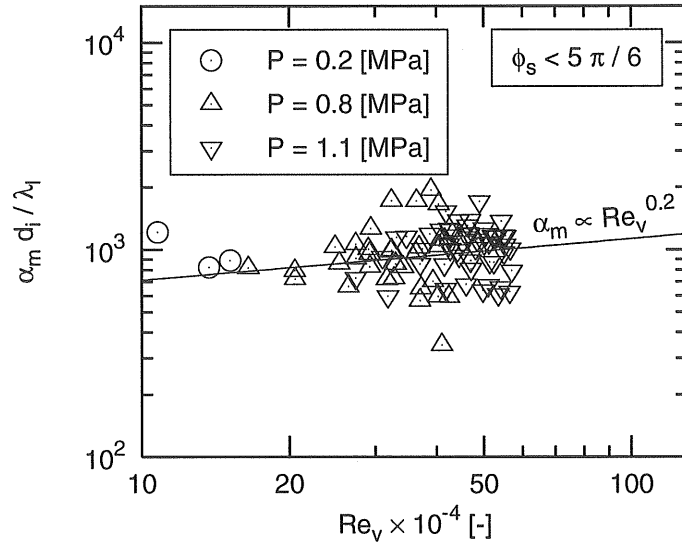


図 6.7 管頂側の平均熱伝達係数, α_m , と Re_v の関係

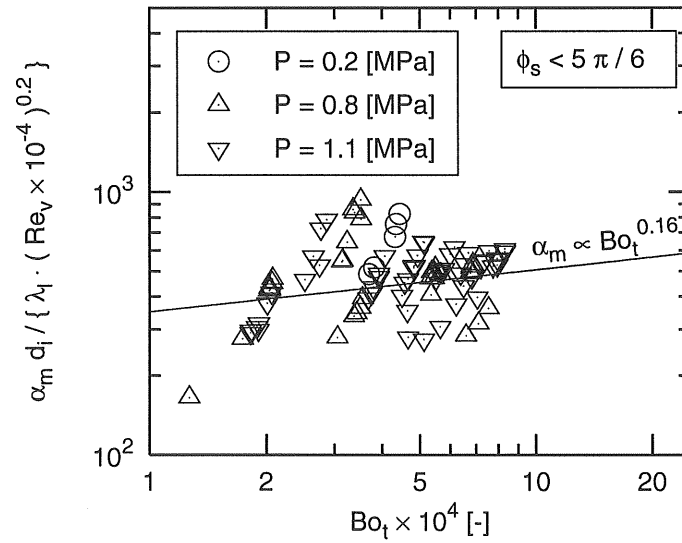


図 6.8 管頂側の平均熱伝達係数, α_m , と Bo_t の関係

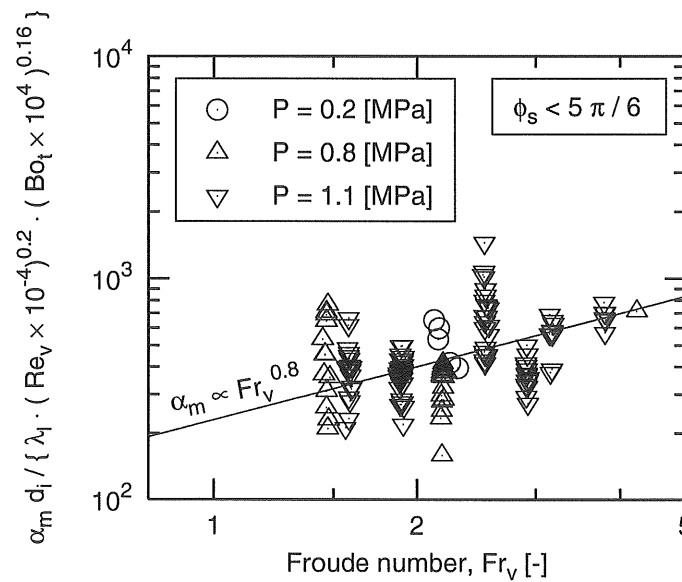


図 6.9 管頂側の平均熱伝達係数, α_m , と Fr の関係

$$\alpha_v = 0.023 \left(\frac{\lambda_l}{d_i} \right) \left(\frac{G x d_i}{\mu_v} \right)^{0.8} Pr_v^{0.4} \quad (6.45)$$

ここに、 α_v は蒸気のみが管内を流れる場合の熱伝達係数である。

本研究では、吉田らの形式を用いて α_d の整理を試みるが、上式に示した吉田らの式では $x \rightarrow 0$ のとき $\alpha_{d \text{ Yoshida}}$ の値は無窮大となり、実際の現象では起きないような傾向を示す。このことから、本研究では $x \rightarrow 0$ で α_d の値が液単相流の熱伝達係数を示すように吉田らの式の一部を修正し、以下に示す形式で整理する。

$$\alpha_d = \alpha_{l0} \times \left\{ 1 + C_{d0} \left(Re_v \times 10^{-4} \right)^{C_{d1}} Fr_v^{C_{d2}} \right\} \quad (6.46)$$

$$\alpha_{l0} = 0.040 \left(\frac{\lambda_l}{d_i} \right) \left(\frac{G d_i}{\mu_l} \right)^{0.8} Pr_l^{0.4} \quad (6.47)$$

ここに、 α_{l0} は本実験で得られた液単相流熱伝達係数の予測式から算出する。

図 6.10 に管頂側が乾いている領域の熱伝達係数、 α_d 、と Re_v との関係を示す。ここに、 α_d の値は先述した α_m の算出方法と同じ手法で求めた。図より、 $\alpha_d/\alpha_{l0} - 1$ の値は Re_v の0.8乗に比例していることから、式(6.46)の C_{d1} を0.8とする。

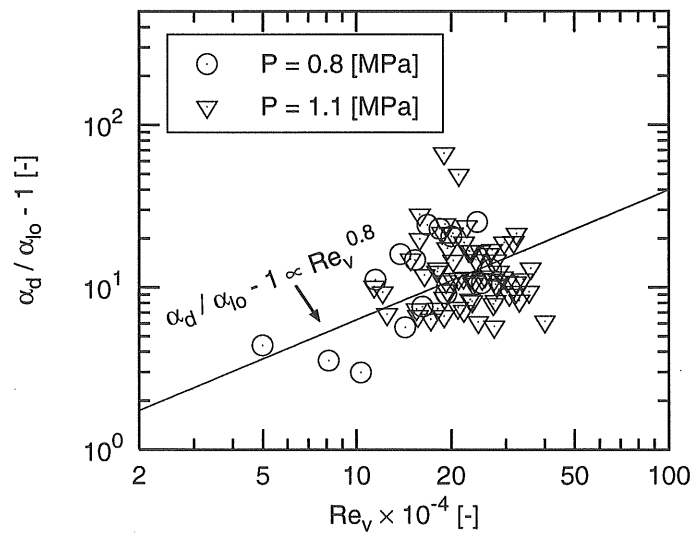
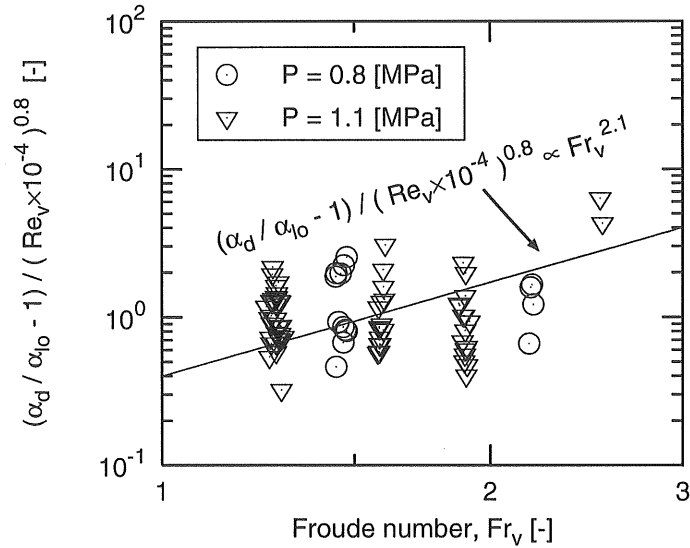


図 6.10 管頂側の平均熱伝達係数、 $\alpha_d/\alpha_{l0} - 1$ 、と Re_v の関係

図 6.11 に $(\alpha_d/\alpha_{l0} - 1)$ を $(Re_v \times 10^{-4})^{0.8}$ で除した値と Fr_v との関係を示す。 $(\alpha_d/\alpha_{l0} - 1)/(Re_v \times 10^{-4})^{0.8}$ の値は多少のばらつきがうかがえるが、この値が $Fr_v^{2.1}$ に比例するとき最も偏差が小さくなることから、式(6.46)の C_{d2} を2.1とする。

$C_{d1} = 0.8$ 、 $C_{d2} = 2.1$ とし、管周平均熱伝達係数の予測値と測定値が一致するよ


 図 6.11 $(\alpha_d/\alpha_{lo} - 1)/(Re_v \times 10^{-4})^{0.8}$ と Re_v の関係

うに C_{d0} を試行錯誤より求めた結果、 $C_{d0} = 0.1$ が最適値として得られた。

以上より、分離流において管頂側の伝熱面が乾く領域の平均熱伝達係数、 α_d 、に関して次式を得た。

$$\alpha_d = 0.040 Re_{lo}^{0.8} Pr_1^{0.4} \left(\frac{\lambda_l}{d_i} \right) \cdot \left\{ 1 + 0.1 (Re_v \times 10^{-4})^{0.8} Fr_v^{2.1} \right\} \quad (6.48)$$

6.4 流動様相を考慮した管周平均熱伝達係数の予測方法

流動様相を考慮して熱伝達係数を算出する場合、まず最初に式(5.1)、(5.2)から濡れ境界角度、 ϕ_s 、を算出し、分離流か環状流か判定する。分離流と判定された場合、管頂側の濡れ開始クオリティ、 x_{m1} 、と濡れ完了クオリティ、 x_{m2} 、を式(5.7)、式(5.8)からそれぞれ算出し、 $x < x_{m1}$ の場合は管頂側が乾く分離流、 $x > x_{m2}$ の場合は管頂側が濡れる分離流とする。それぞれの流動様相に適した熱伝達係数の予測式を用いて管周平均熱伝達係数を算出する。なお、 $x_{m1} < x < x_{m2}$ の場合は遷移域とし、以下の手順で管周平均熱伝達係数を算出する。まず、 x_{m1} における管周平均熱伝達係数、 $\alpha|_{x=x_{m1}}$ 、を $\alpha_{ww}|_{x=x_{m1}}$ と $\alpha_d|_{x=x_{m1}}$ の予測値を用いて算出する。次に x_{m2} における管周平均熱伝達係数、 $\alpha|_{x=x_{m2}}$ 、を $\alpha_{ww}|_{x=x_{m2}}$ と $\alpha_m|_{x=x_{m2}}$ の予測値を用いて算出する。そして、得られた $\alpha|_{x=x_{m1}}$ 、 $\alpha|_{x=x_{m2}}$ の計算値を用いて遷移域の平均熱伝達係数を次式で求める。

$$\alpha = \alpha|_{x=x_{m1}} + \left(\frac{x - x_{m1}}{x_{m2} - x_{m1}} \right) \cdot (\alpha|_{x=x_{m2}} - \alpha|_{x=x_{m1}}) \quad (6.49)$$

環状流と判定された場合は、管周全域で非常に薄い液膜が形成される環状流へ遷移し始めるクオリティ, x_{am1} , と遷移が完了するクオリティ, x_{am2} , を式(5.10), 式(5.11)からそれぞれ算出する。 $x < x_{am1}$ の場合は環状流, $x > x_{am2}$ の場合は管周全域で非常に薄い液膜が形成される環状流と判定し, それぞれの流動様相に適した熱伝達係数の予測式を用いて管周平均熱伝達係数を算出する。なお, $x_{am1} < x < x_{am2}$ の場合は遷移域とし, 以下の手順で熱伝達係数を算出する。 x_{am1} における熱伝達係数, $\alpha|_{x_{am1}}$, を環状流域の熱伝達係数の予測式を用いて算出する。ただし, x_{am1} の値が環状流へ遷移するクオリティ, x_{SA} , の値より小さい場合は x_{SA} における熱伝達係数を求め, $\alpha|_{x_{am1}}$ とする。 x_{am2} における熱伝達係数, $\alpha|_{x_{am2}}$, を式(6.33)より算出し, 得られた $\alpha|_{x_{am1}}$ と $\alpha|_{x_{am2}}$ の計算値を用いて遷移域の平均熱伝達係数を次式で求める。

$$\alpha = \alpha|_{x=x_{am1}} + \left(\frac{x - x_{am1}}{x_{am2} - x_{am1}} \right) \cdot (\alpha|_{x=x_{am2}} - \alpha|_{x=x_{am1}}) \quad (6.50)$$

図 6.12 に熱伝達係数の算出フローを示す。

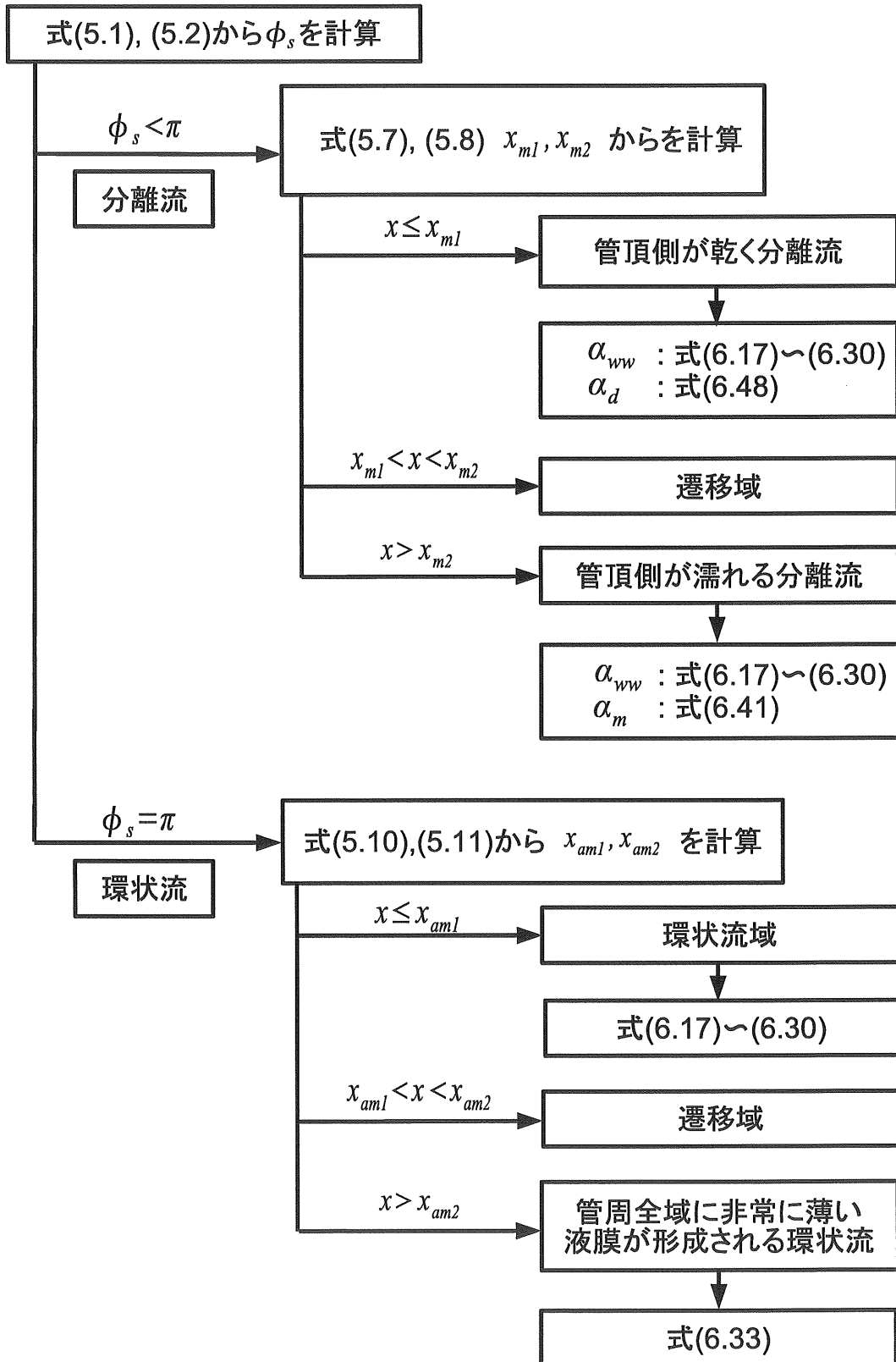


図 6.12 流動様相を考慮して熱伝達係数を算出する手順

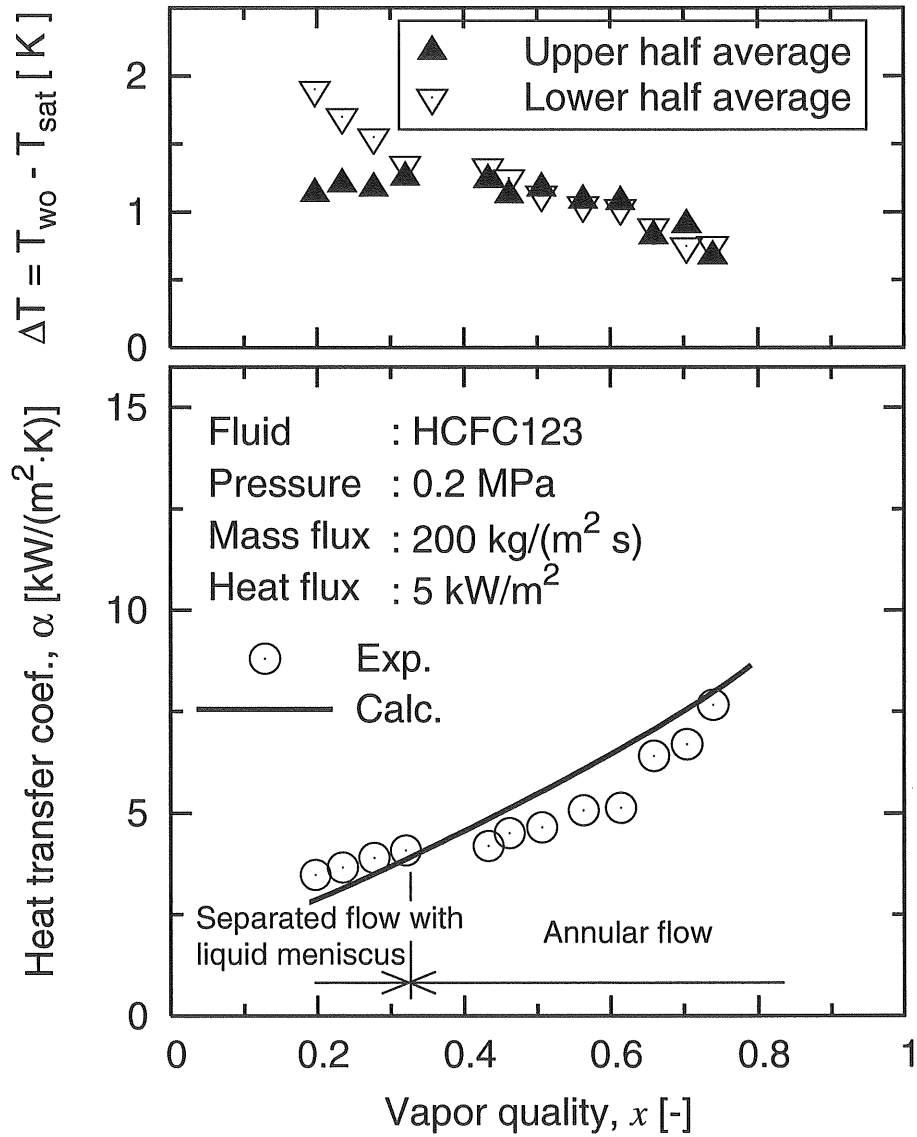
6.5 予測値と実験データとの比較

図 6.13 に流動様相がそれぞれ異なる管周平均熱伝達係数の測定値と予測値の代表例をクオリティに対して示す。

図 6.13(a) に低圧, 低熱流束の場合の例として, 圧力 0.2MPa, 質量速度 $200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 熱流束 $5 \text{ kW}/\text{m}^2$ の熱伝達係数の測定値と予測値を示す。この条件における管内の流動様相はクオリティが 0.32 以上では環状流である。図に示した環状流域の熱伝達係数の予測値は実験データを若干高く予測しているが, クオリティに対する傾向は実験データと良く一致している。

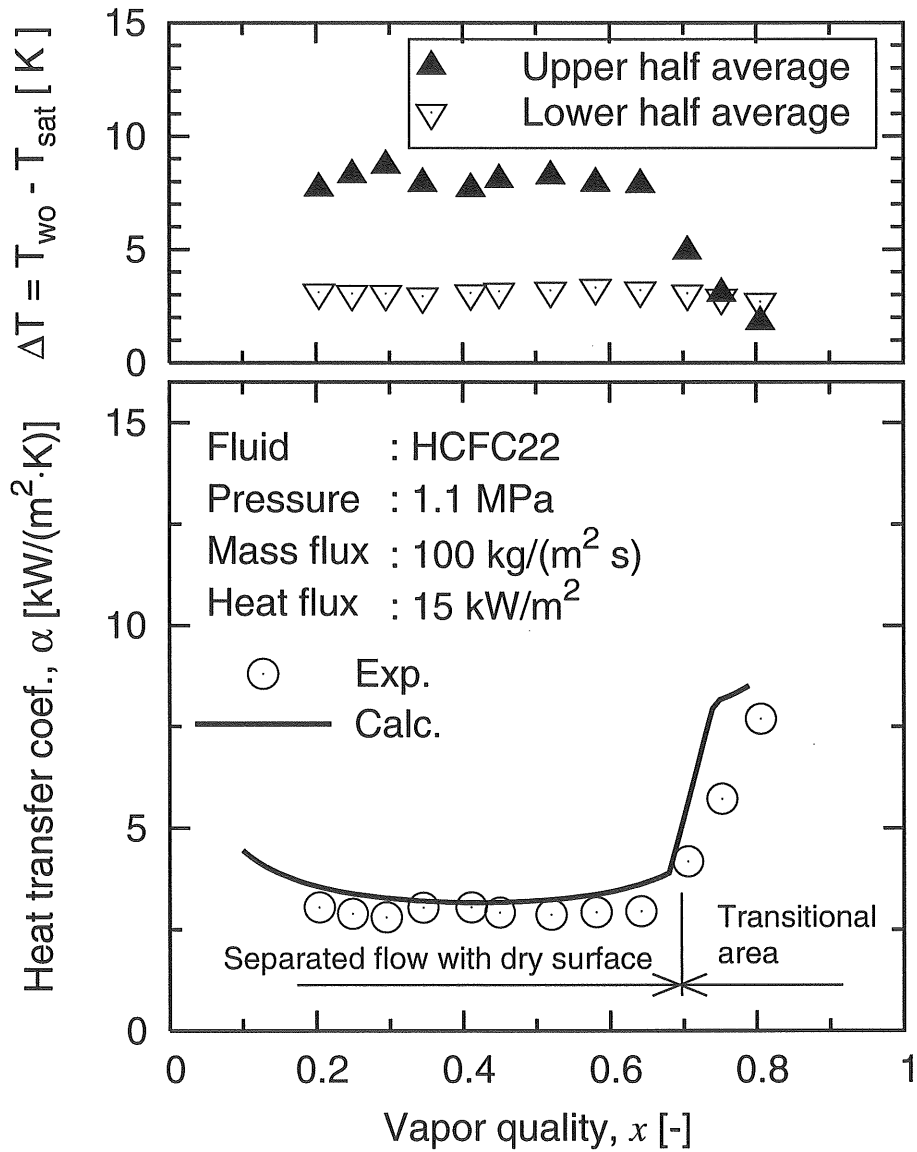
高圧, 低流量, 高熱流束の場合の例として, 圧力 1.1MPa, 質量速度 $200 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 熱流速 $15 \text{ kW}/\text{m}^2$ における測定値と予測値を図 6.13(b) に示す。 $x < 0.7$ 以下では管頂側が乾く分離流であり, この流動様相においても管周平均熱伝達係数の予測値と測定値は良く一致する。 $x \simeq 0.7$ 付近から流動様相の変化に伴って熱伝達係数の測定値は急増しており, 予測値も測定値と同様に変化している。このように本研究で新しく提案した流動様相を考慮して熱伝達係数を予測する手法は, 熱伝達係数がクオリティに対して非連続的に変化する場合でも精度良く予測できることを示している。

図 6.13(c) に圧力 0.8MPa, 質量速度 $300 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 熱流速 $25 \text{ kW}/\text{m}^2$ の測定値と予測値を示す。この条件での流動様相は, $x < 0.62$ の領域では管頂側が濡れる分離流, $x > 0.7$ の領域では管周全域に薄い液膜を形成する環状流である。いずれの流動様相に対しても熱伝達係数の予測値は実験データを良好に予測している。クオリティに対する予測値の傾向についても, 予測値と実験値とは良く一致している。



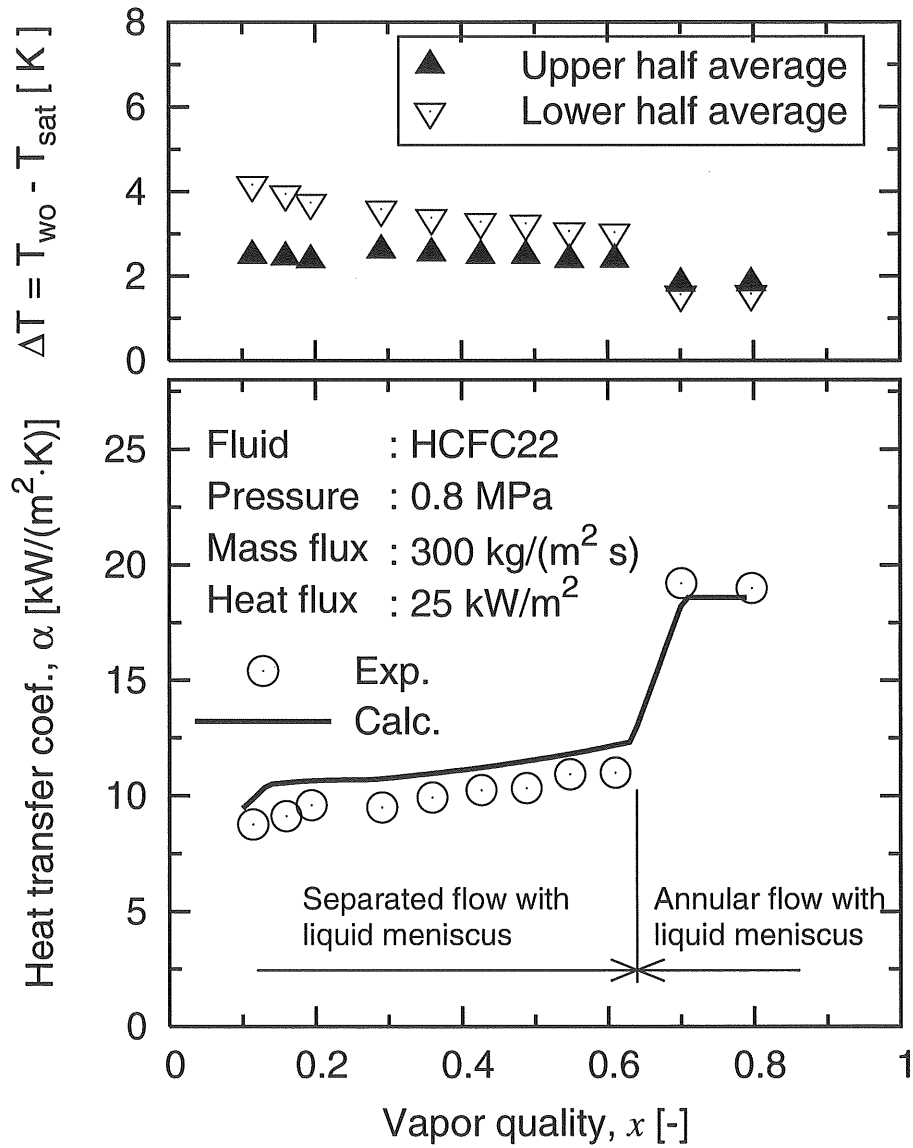
(a) 環状流域

図 6.13 管周平均熱伝達係数の予測値とクオリティの関係



(b) 管頂側が乾く分離流域

図 6.13 管周平均熱伝達係数の予測値とクオリティの関係



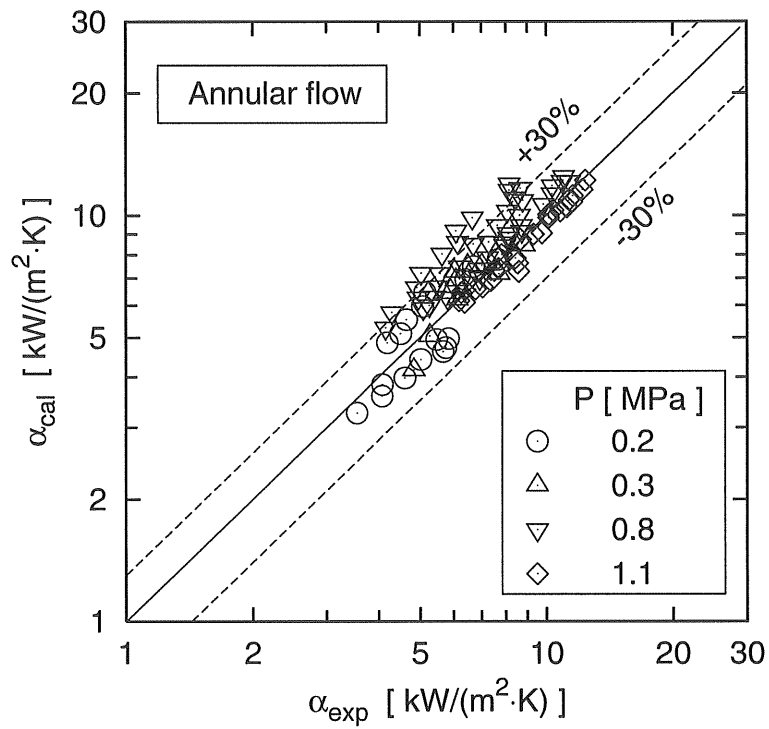
(c) 管頂側が濡れる分離流域と非常に薄い液膜が形成される環状流域

図 6.13 管周平均熱伝達係数の予測値とクオリティの関係

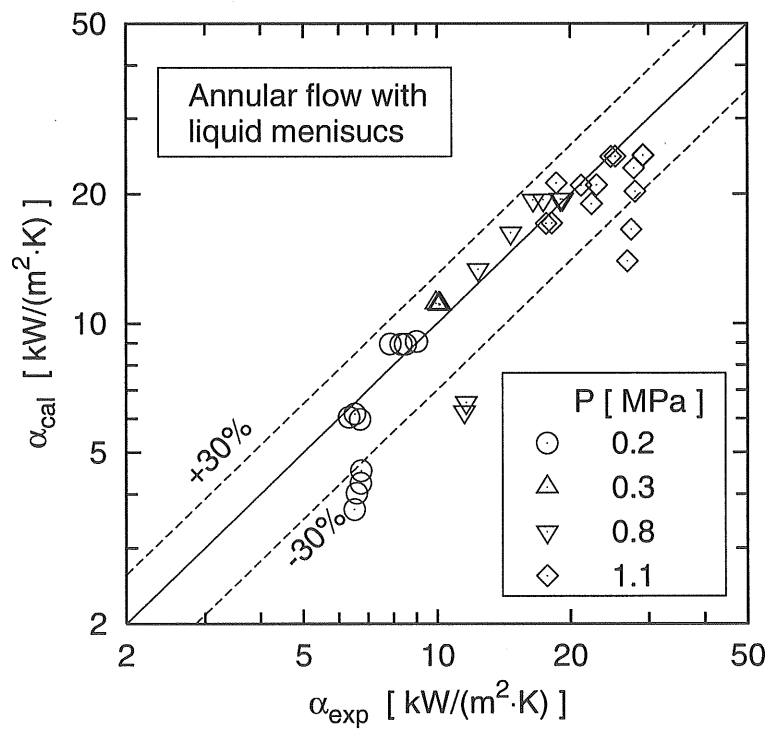
図 6.14 に得られた全ての実験データを対象として管周平均熱伝達係数の測定値と予測値との比較を流動様相毎に行った結果を示す。図中に示した実線は、予測値と測定値が全く同じ値となる点を結んだ線である。この直線より上側に記号が示されている場合、予測値は測定値を過大に評価しており、下側に示される場合は過小に評価していることを意味する。

図 6.14(a) に示す環状流域の予測値は、圧力 0.8MPa の一部の測定値に対して若干高い値を示しているが、いずれの圧力においても、大半の実験データを $\pm 30\%$ の範囲内で測定値を予測している。管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流域における予測値と測定値との比較を図 6.14(b) に示す。この流動様相での予測値は、一部の測定値に対して過小に評価する点が存在している。これらのデータは、流動様相の予測値が環状流もしくは管頂側が濡れる分離流を示しており、誤った流動様相を基に熱伝達係数を算出しているためである。したがって、このように過小評価している原因は熱伝達係数の予測による誤差ではなく、流動様相の予測による誤差である。

分離流域の予測値と測定値との比較を図 6.14(c)(d) に示す。管頂側が濡れる分離流および管頂側が乾く分離流のいずれの流動様相に対しても予測値と実験値は良く一致しており、特に管頂側が濡れる分離流域の熱伝達係数の予測精度は幾くつのデータを除いて非常に良い。

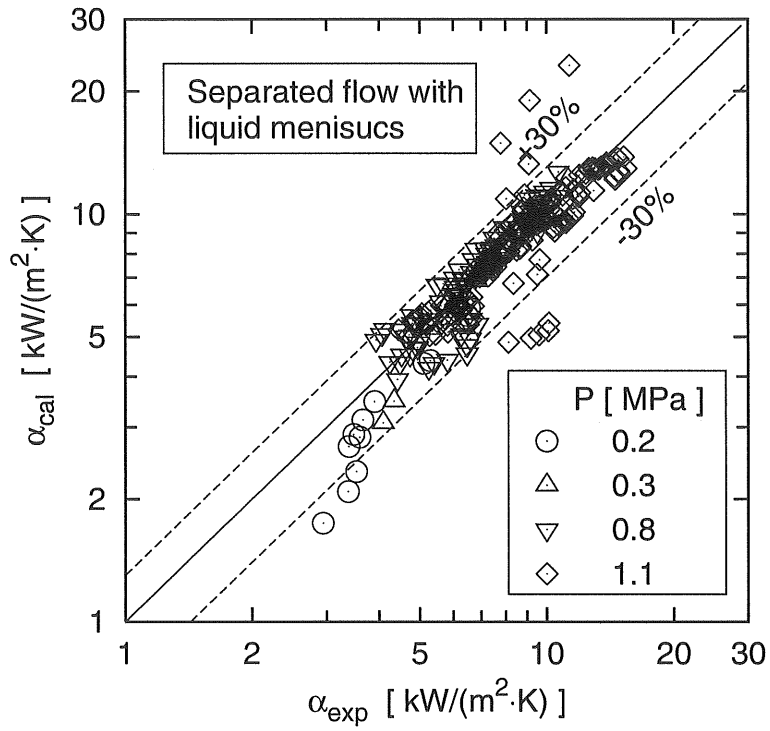


(a) 環状流域

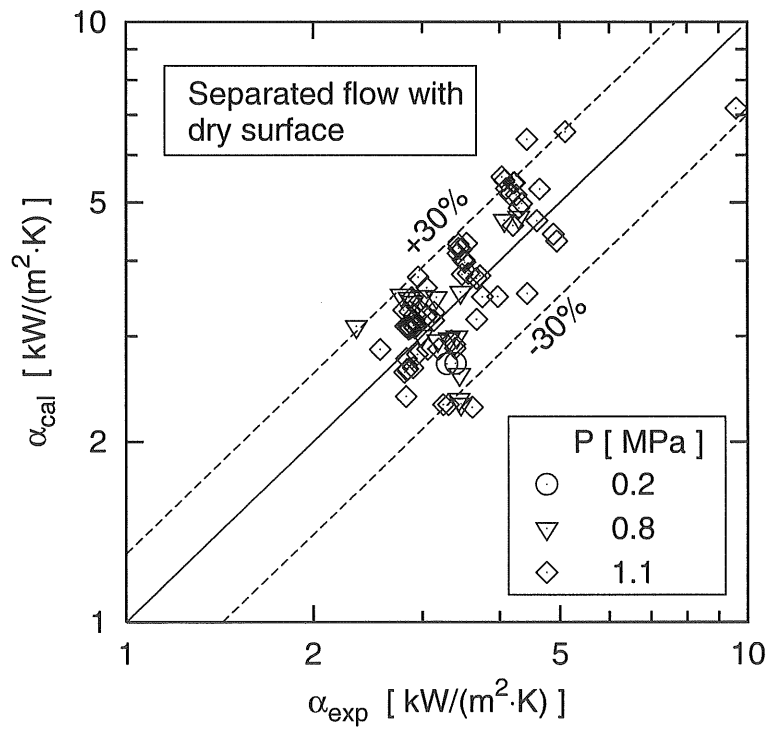


(b) 非常に薄い液膜が形成される環状流域

図 6.14 予測値と実験データの比較



(c) 管頂側の伝熱面が濡れる分離流域



(d) 管頂側の伝熱面が乾く分離流域

図 6.14 予測値と実験データの比較

表 6.1 に管周平均熱伝達係数の予測値と測定値との平均偏差を示す。図中の N は比較に用いたデータ数, AD と MD は次式で定義される Average deviation と Mean deviation である。

$$AD = \frac{1}{N} \sum \left(\frac{\alpha_{\text{cal}} - \alpha_{\text{exp}}}{\alpha_{\text{exp}}} \right) \times 100 \quad (6.51)$$

$$MD = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{\alpha_{\text{cal}} - \alpha_{\text{exp}}}{\alpha_{\text{exp}}} \right| \times 100 \quad (6.52)$$

$R20$ と $R30$ は測定値と予測値との偏差がそれぞれ 20% および 30% 以内に入るデータ数の全データ N に対する比率を表わしている。A, S-M, S-D, A-M は流動様相を示しており, A は環状流, S-M は管頂側が濡れる分離流, S-D は管頂側が乾く分離流, A-M は管周全域に非常に薄い液膜が形成される環状流をそれぞれ表わす。All は流動様相が遷移状態である実験データを含む全実験データに対して比較した結果を示している。したがって, 流動様相毎に比較したデータ個数 N の総和と All の欄に示すデータ個数 N は異なっている。参考までに Thome らの式 [9], 森らの式 [29], 村田 [32] の式から算出した予測値との平均偏差をそれぞれ表 6.1(b)(c)(d) に併記する。本整理式の環状流域の MD の値は Thome らの式と村田の式と同等であるが, その他の流動様相に対しては従来の予測式と比べて非常に小さく, 本整理式の予測精度が良いことがうかがえる。特に分離流域の MD の値が最も小さく, 10.8% を示している。また, 流動様相を予測し, それぞれの流動様相に適した熱伝達係数の整理式を用いることで, 全実験データを $MD = \pm 13.6\%$ の範囲内で予測している。

表 6.1. 管周平均熱伝達係数の予測値と測定値との偏差

(a) Present correlation

Flow pattern	N	AD	MD	$R20$	$R30$
A	102	7.8	14.2	76.5	88.2
S-M	219	-0.8	10.8	87.2	95.9
S-D	49	3.65	16.7	64.7	91.2
A-M	39	-11.8	16.0	74.4	76.9
All	482	0.5	13.6	79.6	90.2

(b) Thome et al.

Flow pattern	N	AD	MD	$R20$	$R30$
A	102	-4.2	15.1	65.7	92.2
S-M	219	-20.3	22.2	48.4	69.4
S-D	49	83.6	85.0	16.3	22.5
A-M	39	-41.2	41.7	12.8	28.2
All	482	-6.7	29.5	45.0	64.7

(c) Mori et al.

Flow pattern	N	AD	MD	$R20$	$R30$
A	102	-24.9	27.4	30.4	55.9
S-M	219	-31.1	32.2	29.7	45.2
S-D	49	24.7	34.0	40.8	53.1
A-M	39	-54.7	54.7	0.0	7.7
All	482	-26.5	34.2	26.1	42.5

(d) Murata

Flow pattern	N	AD	MD	$R20$	$R30$
A	102	-6.3	16.0	70.6	88.2
S-M	219	-15.5	17.1	60.7	88.6
S-D	49	75.1	75.5	22.4	24.5
A-M	39	-42.9	43.6	12.8	20.5
All	482	-6.2	26.8	51.2	71.3

6.6 まとめ

本章では、冷媒 HCFC123 と HCFC22 の水平内面ら旋溝付鋼管内蒸発熱伝達の実験で得たデータを用いて、流動様相毎に伝熱整理を行うとともに、流動様相を考慮した蒸発熱伝達係数の予測手法を提案し、以下の結論を得た。

1. 環状流域における熱伝達係数を強制対流熱伝達係数と核沸騰熱伝達係数の和で表す Chen の形式で整理し、核沸騰の寄与分に関しては高松らの方法で整理することで、式 (6.17)~(6.30) を得た。これらの式を用いれば環状流域の熱伝達係数の測定値を $MD = \pm 15\%$ の範囲内で予測することができる。
2. 管周全域で薄い液膜が形成される領域の伝熱機構は、熱伝導が支配的という考えに基づき熱伝達係数を整理した結果、式 (6.32) を得た。この式を用いれば、管周全域で薄い液膜が形成される環状流域の熱伝達係数の測定値を $MD = \pm 16\%$ の範囲内で予測することができる。
3. 分離流域における管頂側の平均熱伝達係数を、管頂側が濡れる場合は式 (6.41) で、管頂側が乾く場合は式 (6.48) で整理した。吉田らの管周方向の熱伝導のみを考慮した管周方向一次元定常熱伝導の解析解を用いて管周平均熱伝達係数を算出すると、管頂側が濡れる場合は $MD = \pm 11\%$ 、管頂側が乾く場合は $MD = \pm 20\%$ の範囲内で測定値を予測できる。
4. 物理的な根拠を有する熱伝達係数の予測手法として、流動様相を考慮して熱伝達係数を予測する手法を提案した。これにより熱伝達係数の測定値を $MD = \pm 13.3\%$ の範囲内で予測でき、物理的な根拠が明確ではなかった従来 of 予測式と比べて格段に予測精度が向上できることを示した。

第7章 総括

本論文では、冷媒の内面ら旋溝付管内の流動様相と熱伝達を解明するとともに、流動様相を考慮した蒸発熱伝達係数の予測手法を提案することを主な目的とし、実験的研究をまとめたものである。以下にその成果を要約する。

第1章では、管内気液二相流の流動様相および管内蒸発熱伝達に関する従来の研究から平滑管および内面ら旋溝付管の流動様相と蒸発熱伝達係数の予測に関する現状をそれぞれ明らかにするとともに、本研究の意義と目的を明らかにした。

第2章では、本研究で用いた実験装置、試験伝熱管、実験方法、さらに実験データの整理方法について説明した。

第3章では、実験装置および温度、圧力の測定用センサーの妥当性を検証することを目的とし、液単相流の流動と伝熱の実験を行い、次の結論を得た。

1. 本実験で使用した内面ら旋溝付管の摩擦係数は Carnavos の式で $\pm 15\%$ の範囲内で予測できることを示した。
2. 内面ら旋溝付管内の液単相流熱伝達係数を Dittus-Boelter の式に基づき、平均偏差 $MD = \pm 5\%$ で予測する式 (3.5) で整理した。
3. 液単相流熱伝達の流動および伝熱の実験を通じて、本実験装置および測定機器は妥当であることを確認した。

第4章では、管内気液二相流の流動と伝熱の実験を行うとともに流動様相を管周方向の壁温分布から推測し、それぞれ次の結論を得た。

1. 摩擦による圧力損失を Lockhart-Martinelli の相関で整理した結果、 $AD = \pm 13.6\%$ で測定値を予測する式 (4.5) を得た。
2. 本実験で用いた試験伝熱管の管周平均熱伝達係数は、本試験伝熱管と同じ材質で内径が 12.5mm の平滑鋼管の管周平均熱伝達係数と比べて、低流量域では約 3~5 倍、高流量域では約 2 倍高くなることを示した。

3. 管周平均熱伝達係数の測定値は、圧力0.8MPaでは銅製の内面ら旋溝付管に対して現在最も推奨されている森らの式と良く一致したが、圧力が0.2MPaおよび1.1MPaでは、森らの式および村田の式と異なる傾向を示した。特に本試験伝熱管における表面粗さの影響により高熱流束域では顕著であった。
4. 管周方向の壁温の測定値を基に流動様相が変化するクオリティを測定する手法を提案した。この手法を用いて流動様相を検討した結果、内面ら旋溝付管内の伝熱機構に影響すると考えられる流動様相を以下の4種類に分類した。
 - 環状流
 - 管周全域で非常に薄い液膜が形成される環状流
 - 管頂側の溝内に薄い液膜が形成される分離流
 - 管頂側が乾く分離流
5. 上記の4種類の流動様相について、横軸をクオリティ、縦軸を質量速度で表した流動様式線図を作成し、流動様相に関して圧力、質量速度、熱流束の影響について考察した。

第5章では、流動様相が遷移するクオリティに関して整理を行い、以下の結論を得た。

1. 分離流から環状流へ遷移するクオリティを式(5.2)で表される平滑管に対する濡れ境界角度の予測式を基に整理し、平滑管の濡れ境界角度の予測値との差を表す式(5.1)を得た。これらの式の積が π となる x を求めることで、実験データにおいて分離流から環状流へ遷移するクオリティ、 x_{SA} 、の値を予測することができる。
2. 分離流において管頂側が乾いた状態から濡れ始めるクオリティ、 x_{m1} 、管頂側が完全濡れるクオリティ、 x_{m2} 、について整理した結果、式(5.7)、式(5.8)を得た。これらの式を用いることで、実験データにおいて管頂側が乾いた分離流と管頂側の溝内に液膜を形成する分離流へ遷移するクオリティの値を予測することができる。
3. 管周全域に薄い液膜を形成する環状流へ遷移するクオリティ、 x_{am1} 、 x_{am1} 、を、管内を流れる全ての液冷媒が溝内を流れるという考えに基づき、整理した

結果, 式(5.10)と式(5.11)を得た。これらの式を用いることで, 実験データにおいて管周全域に薄い液膜を形成する環状流へ遷移するクオリティの値を予測することができる。

4. これらの整理式より求めた流動様相が遷移するクオリティは, 実験データにおいて流動様相が遷移するクオリティと良く一致することを示した。

第6章では, 蒸発熱伝達係数を流動様相毎に整理するとともに, 流動様相を考慮して蒸発熱伝達係数を予測する手法を提案し, 以下の結論を得た。

1. 環状流域における熱伝達係数を強制対流熱伝達係数と核沸騰熱伝達係数の和で表すChenの形式で整理し, 核沸騰の寄与分に関しては高松らの方法で整理することで, 式(6.17)~(6.30)を得た。これらの式を用いれば環状流域の熱伝達係数の測定値を $MD = \pm 15\%$ の範囲内で予測することができる。
2. 管周全域で薄い液膜が形成される領域の伝熱機構は, 熱伝導が支配的という考えに基づき熱伝達係数を整理した結果, 式(6.32)を得た。この式を用いれば, 管周全域で薄い液膜が形成される環状流域の熱伝達係数の測定値を $MD = \pm 16\%$ の範囲内で予測することができる。
3. 分離流域における管頂側の平均熱伝達係数を, 管頂側が濡れる場合は式(6.41)で, 管頂側が乾く場合は式(6.48)で整理した。吉田らの管周方向の熱伝導のみを考慮した管周方向一次元定常熱伝導の解析解を用いて管周平均熱伝達係数を算出すると, 管頂側が濡れる場合は $MD = \pm 11\%$, 管頂側が乾く場合は $MD = \pm 20\%$ の範囲内で測定値を予測できる。
4. 物理的な根拠を有する熱伝達係数の予測手法として, 流動様相を考慮して熱伝達係数を予測する手法を提案した。これにより熱伝達係数の測定値を $MD = \pm 13.3\%$ の範囲内で予測でき, 物理的な根拠が明確ではなかった従来の予測式と比べて格段に予測精度が向上できることを示した。

謝 辞

本論文を終えるにあたり、下記の方々に心から深く感謝の意を表したいと思えます。

本論文の研究課題の選択および遂行にあたり、ご指導、御鞭撻を賜りました長崎大学教授 茂地徹先生に心より深く御礼申し上げます。

本論文をまとめるにあたり、副査を引き受けて頂いた長崎大学教授 石田正弘先生、児玉好雄先生に心より感謝の意を表させていただきます。

長崎大学助教授 桃木悟先生には、本研究の遂行にあたって細部に至るまで終始有益な御指導と御鞭撻を頂きました。また、研究に対する御指導のみならず、研究者としての心構えや考え方、私的な相談に対しても御助言を頂きました。ここに、心より深く御礼申し上げます。

九州大学教授 森英夫先生には本論文を遂行するにあたり、適切な御助言を頂いたことに深く感謝の意を表わします。

長崎大学教授 今井康文先生はじめ固体力学研究の皆様方にはレーザー顕微鏡の利用を快く受諾して頂いたことに心から感謝致します。

長崎大学 山田助手ならび楠本技術職員には実験装置の組み立て、改造にあたり適切な御指導と御助言を賜りましたことに、心から御礼申し上げます。また、実験を実施するにあたり熱エネルギー工学研究室の卒業生である松本隆宏君、久保田剛君、濱田啓介君、力久陽介君、森内透君、田邊清君、修士課程の西貴志君、加納慎太郎君に多大な協力を賜ったことに深く感謝致します。

最後に、企業を退職して大学院博士課程へ入学するという決断を快く承諾し、在学中には常に御激励の言葉を著者に送り続けた最愛なる妻に心から深く感謝の意を表します。また、常に温かく見守って下さった実父、実母、義父、義母に深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] O. Baker. Design of pipe for simultaneous flow of oil and gas. Oil & Gas Journal, Vol.26, 1964.
- [2] O. Baker. Simultaneous flow of oil and gas. Oil & Gas Journal, Vol.53, 1954.
- [3] J. Weisman, D. Duncan, J. Gibson and T. Crawford. Effects of fluid properties and pipe diameter on two-phase flow patterns in horizontal lines. Int. J. Multiphase Flow, Vol.5, pp.437–462, 1979.
- [4] N. Kattan, J. R. Thome and D. Farvrat. Flow boiling in horizontal tubes: Part I - Development of a diabatic two-phase flow pattern map -. ASME Journal of Heat Transfer, Vol.120, pp.140–147, 1998.
- [5] 吉田 駿, 森 英夫, 洪 海平, 松永 崇. 冷媒の水平蒸発管内熱伝達係数の予測式. 日本冷凍協会論文集, Vol.11, No.1, pp.67–78, 1994.
- [6] D. S. Scott. Properties of cocurrent gas-liquid flow. Adv. Chem. Eng. Vol.4, 1963.
- [7] L. Wojtan, T. Ursenbacher and J. R. Thome. Investigation of flow boiling in horizontal tubes: Part I-A new diabatic two-phase flow pattern map. International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 48, pp.2955–2967, 2005.
- [8] H. Mori, S. Yoshida, K. Ohishi and Y. Kakimoto. Dryout quality and post-dryout heat transfer coefficient in horizontal evaporator tubes. Proc. of 3rd European Thermal Sciences Conference, Vol.2, pp.16–21, 2000.
- [9] 森 英夫, 吉田 駿, 柿本 益志, 大石 克己. 冷媒の水平平滑管内蒸発熱伝達係数の予測式の修正. 日本冷凍空調学会論文集, Vol.16, No.2, pp.177–187, 1999.
- [10] J. C. Chen. Correlation for boiling heat transfer to saturated fluids in convective flow. Ind. Eng.. Chem. Proc. Des. Dev. Vol.5, No.3, pp.322–329, 1966.
- [11] F. W. Dittus and L. M. K. Boelter. Univ. Calif. Publs. Eng., Vol.2, pp.443, 1930.
- [12] H. K. Forster and N. Zuber. A.I.Ch.E Vol.1, No.4, pp.531, 1955.
- [13] S. Edelstein, A. J. Perez and J. C. Chen. Analytic representation of convective boiling factor. A.I.Ch.E Vol.30, No.5, pp.840, 1984.
- [14] 高松 洋, 桃木 悟, 藤井 哲. 単一成分冷媒の水平平滑管内沸騰・蒸発熱伝達の整理. 日本機械学会論文集 B編, Vol.58, No.550, pp.1875–1882, 1992.

-
- [15] N. Kattan, J. R. Thome and D. Farvrat. Flow boiling in horizontal tubes: Part III - Development of a new heat transfer model based on flow pattern. *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol.120, pp.156–165, 1998.
- [16] L. Wojtan, T. Ursenbacher and J. R. Thome. Investigation of flow boiling in horizontal tubes: Part II–Development of a new heat transfer model for stratified-wavy, dryout and mist flow regimes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 48, pp.2970–2985, 2005.
- [17] 柿本 益志, 森 英夫, 吉田 駿, 吉村 仁, 大石 克巳. 内面微細溝付管内空気・水二相流の流動様相の観察. 第38回日本伝熱シンポジウム講演論文集 Vol.II, pp.645–646, 2001.
- [18] S. Oh and A. E. Bergles. Visualization of the effects of spiral angle on the enhancement of in-tube flow boiling in microfin tubes. *ASHRAE Transactions*, Vol.108, pp.509–516, 2002.
- [19] T. Lin, M. Yu and C. C. Tseng. Heat transfer and flow pattern during two-phase flow boiling of R-134a in horizontal smooth and microfin tubes. *International Journal of Refrigeration*, Vol. 25, pp.789–798, 2002.
- [20] L. Liebenberg, J. R. Thome and J. P. Meyer. Flow visualization and flow pattern identification with power spectral density distributions of pressure traces during refrigerant condensation in smooth and microfin tubes. *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol.127, pp.209–220, 2005.
- [21] L. Liebenberg, J. Oliver, J. R. Thome and J. P. Meyer. Flow pattern-based pressure drop correlations for refrigerant condensation in smooth and enhanced tubes. *IIR International Conference on Thermophysical Properties and Transfer Processes of Refrigerants*, pp.505–512, 2005.
- [22] 伊藤 正昭, 木村 秀行. 内面らせんみぞ付き管の沸騰熱伝達と圧力損失. *日本機械学会論文集 B編*, Vol.45, No.389, pp.118–126, 1979.
- [23] 木村 秀行, 伊藤 正昭. 水平内面らせんみぞ付き管の低流量域における蒸発熱伝達. *日本機械学会論文集 B編*, Vol.47, No.413, pp.149–157, 1981.
- [24] 木戸 長生, 谷口 光徳, 平 輝彦, 上原 春男. 水平内面溝付管内の冷媒 HCFC22 の蒸発熱伝達と圧力損失. *日本冷凍協会論文集*, Vol.11, No.2, pp.131–142, 1994.
- [25] 木戸 長生, 上原 春男. 水平内面溝付管内の純冷媒の蒸発熱伝達の整理式. *日本冷凍協会論文集*, Vol.11, No.2, pp.143–143, 1994.
- [26] J. R. Thome, N. Kattan and D. Favrat. Evaporation in microfin tubes: A generalized prediction model. *Proc. Convective Flow and Pool Boiling Conf.* pp.239–244, 1997.
- [27] T. S. Ravigururajan and A. E. Bergles. General correlation for pressure drop and heat transfer for single-phase turbulent flow in internally ribbed tubes. *ASME HTD, Augmentation of Heat Transfer in Energy System*, pp.9–20, 1985.
-

- [28] A. Cavallini, D. Del Col, L. Doretti, G. A. Longo and L. Rossetto. Refrigerant vaporisation inside enhanced tubes: A heat transfer model. Proc. HEAT TRANSFER IN CONDENSATION AND EVAPORATION: APPLICATION TO INDUSTRIAL AND ENVIRONMENTAL PROCESSES, Eurotherm Seminar 62 in Grenoble-France, pp.222–231, 1998.
- [29] 森英夫, 吉田駿, 小山繁, 宮良明男, 桃木悟. 冷媒の水平ら旋溝付蒸発管内熱伝達係数の予測式. 平成14年度日本冷凍空調学会講演論文集, pp.547–550, 2002.
- [30] 宮良明男, 高松洋, 小山繁, 米本和生, 藤井哲. 非共沸混合冷媒 R22+R114 の水平管内強制対流熱伝達. 日本機械学会論文集 B編, Vol.54, No.505, pp.2523–2528, 1988.
- [31] 藤井哲, 小山繁, 井上順広, 桑原憲, 平國悟. 水平内面螺旋溝付管内の純冷媒 HCFC22 の蒸発熱伝達の実験. 日本機械学会論文集 B編, Vol.59, No.562, pp.2035–2042, 1993.
- [32] 村田圭治. 二成分混合媒体の強制対流沸騰熱伝達に対する一整理式. 日本機械学会論文集 B編, Vol.62, No.599, pp.2723–2728, 1996.
- [33] 桃木悟, 兪堅, 小山繁, 藤井哲, 本田博司. 純冷媒の水平内面溝付管内強制対流沸騰熱伝達の整理式作成の試み. 日本冷凍協会論文集, Vol.12, No.2, pp.177–184, 1995.
- [34] S. L. Smith. Void fraction in two-phase: A correlation based upon an equal velocity head model. Heat and Fluid Flow, Vol.1, No.1, pp.22–39, 1971.
- [35] T. C. Carnavos. Heat transfer performance of internally finned tubes in turbulent flow. Heat Transfer Engineering, Vol.1, pp.32–37, 1980.
- [36] 吉田駿. 冷媒の水平蒸発管内熱伝達とその促進. 平成14年度日本冷凍空調学会講演論文集, pp.543–546, 2002.
- [37] L. M. Schlager, M. B. Pate and A. E. Bergles. Evaporation and condensation heat transfer and pressure drop in horizontal, 12.7-mm microfin tubes with refrigerant R22. ASME Journal of Heat Transfer, Vol.112, pp.1041–1047, 1990.
- [38] K. Murata and K. Hashizume. Forced convective boiling of nonazeotropic refrigerant mixture inside tubes. ASME. Journal of Heat Transfer, Vol.115, pp.680–689, 1993.
- [39] 吉田駿, 洪海平, 森英夫. らせん微細溝付管による非共沸混合冷媒の水平蒸発管内熱伝達の促進. 日本機械学会論文集 B編, 59-560, pp.1285–1290, 1993.
- [40] 吉田駿, 松永崇, 洪海平. 冷媒の低流量域における水平蒸発管内熱伝達特性に関する研究. 日本機械学会論文集, B, 54-508, pp.3471–3479, 1988.
- [41] R. W. Lockhart and R. C. Martinelli. Proposed correlation of data for isothermal two phase, two-component flow in pipes. Chemical Engineering Progress, Vol.45 No.1, pp.39–48, 1949.

-
- [42] K. Stephan and M. Abdelsalam. Heat-transfer correlation for natural convection boiling. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol.23, pp.73–87, 1980.
- [43] 藤田 恭伸, 西川 兼康, 大田 治彦, 日高 澄具. 核沸騰熱伝達に及ぼす表面粗さの影響に関する研究. *日本機械学会論文集 B編*, Vol.48 No.432, pp.1528–1538, 1982.
- [44] D. L. Bennet and B. L. HERTZLER. The suppression of saturated nucleate boiling by forced convective flow. *AIChE Symposium Series*, pp.91, 1980.
- [45] W. Bonn, J. Iwicki, R. Krebs and E. U. Schlunder. Über die auswirkungen der ungleichverteilung des wärmeübergangs am rhorumfang bei der verdampfung im durchströmten waagerechten rohr. *Wärm-und Stoffübertragung*, Vol.13, 1980.
- [46] C. B. Chiou, C. C. Wang and D. C. Lu. Single-phase heat transfer and pressure drop characteristics of microfin tubes. *ASHRAE Transaction*, pp.1041–1048, 1995.
- [47] M. B. Ould Didi, N. Kattan and J. R. Thome. Prediction of two-phase pressure gradient of refrigerants in horizontal tubes. *International Journal of Refrigeration*, Vol.25, No.7, pp.935–947, 2002.
- [48] 五島 正雄, 井上 順広, 城本 恵子, 江本 幸泰, 李 宇, 佐藤 全秋, 清谷 明弘. 水平内面溝付管の单相流圧力損失の予測式. *日本冷凍空調学会論文集*, Vol.22, No.2, pp.27–37, 2005.
- [49] N. Kattan, J. R. Thome and D. Farvrat. Flow boiling in horizontal tubes: Part II - new heat transfer data for five refrigerants. *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol.120, pp.148–155, 1998.
- [50] S. Kabelac and H. J. de Buhr. Flow boiling of ammonia in a plane and a low finned horizontal tube. *International Journal of Refrigerant*, Vol 24, pp.41–50, 2001.
- [51] C. Kuo and C. Wang. Horizontal flow boiling of R22 and R407C in a 9.52 mm micro-fin tube. *Applied Thermal Engineering*, Vol. 16, pp.719–731, 1996.
- [52] C. Kuo and C. Wang. In-tube evaporation of HCFC-22 in a 9.52 mm micro-fin/smooth tube. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol.39, pp.2559–2569, 1996.
- [53] S. Koyama, J. Yu, S. Momoki, T. Fujii and H. Honda. Forced convective flow boiling heat transfer of pure refrigerants inside a horizontal microfin tube. *Convective Boiling*, Eds. J. C. Chen et al., Taylor and Francis, pp.137–142 1996.
- [54] J. E. Kelly, S. J. Eckels and D. L. Fenton. An experimental investigation of in-tube evaporation of pure ammonia in a smooth and a microfin tube, part I - Heat transfer (RP-866). *International Journal of HVAC & Research*, Vol.8, No.3, pp.239–256, 2002.
- [55] J. E. Kelly, S. J. Eckels and D. L. Fenton. An experimental investigation of in-tube evaporation of pure ammonia in a smooth and a microfin tube, part II - Pressure
-

- drop (RP-866). *International Journal of HVAC & Research*, Vol.8, No.3, pp.257–275, 2002.
- [56] 久保田 淳, 内田 麻理, 鹿園 直毅. 水平平滑管と内面ら旋溝付管内の蒸発圧力損失. *日本冷凍空調学会論文集*, Vol.18, No.4, pp.29–37, 2001.
- [57] 森 英夫, 吉田 駿, 柿本 益志, 大石 克巳, 福田 健一. 冷媒の水平蒸発管におけるポストドライアウト熱伝達. *日本冷凍空調学会論文集*, Vol.17, No.4, pp.521–528, 2000.
- [58] H. Mori, S. Yoshida, K. Ohishi and Y. Kaikimoto. Dryout quality and post-dryout heat transfer coefficient for a refrigerant flowing in horizontal evaporator tubes. *Proc. of 20th Int. Congress of Refrigeration*, Vol. II, pp.311, 1999.
- [59] 桃木 悟, 兪 堅, 小山 繁, 藤井 哲. 冷媒の水平粗面管内沸騰・蒸発熱伝達の実験. *長崎大学工学部研究報告*, Vol.24 No.42, pp.13–18, 1994.
- [60] L. M. Schlager, M. B. Pate and A. E. Bergles. Heat transfer and pressure drop during evaporation and condensation of R22 in horizontal micro-fin tubes. *International Journal of Refrigeration*, Vol.12, pp.6–14, 1989.
- [61] 静谷 光隆, 伊藤 正昭, 土方 邦夫. 混合冷媒の水平蒸発管内熱伝達. 第28回日本伝熱シンポジウム講演論文集 Vol.II, pp.436–437, 1991.
- [62] 佐藤 好生, 野世 溪精. 内面溝付管銅管の伝熱性能. 日本伝熱シンポジウム講演論文集 Vol.II, pp.532–533, 1991.
- [63] A. Singh, M. M. Ohadi and S. Dessiatoun. Flow boiling heat transfer coefficients of R-134a in a microfin tube. *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol.118, pp.497–499, 1996.
- [64] K. Seo and Y. Kim. Evaporation heat transfer and pressure drop of R-22 in 7 and 9.52 mm smooth/micro-fin tubes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol.43, pp.2869–2882, 2000.
- [65] Y. Taitel. Flow pattern transition in two phase flow. *Proceeding of the 9th International Heat Transfer Conference*, pp.237–254, 1990.
- [66] Y. Taitel and A. E. Dukler. A model for predicting flow regime transitions in horizontal and near horizontal gas-liquid flow. *AIChE Journal*, Vol.22, No.1, pp.47–55, 1976.
- [67] C. C. Wang, C. B. Chiou and F. C. Lu. Single-phase heat transfer and flow friction correlations for microfin tubes. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, pp.500–508, 1996.
- [68] J. W. Rose H. S. Wang. Prediction of effective friction factors for single-phase flow in horizontal microfin tubes. *International Journal of Refrigeration*, Vol.27, pp.904–913, 2004.

-
- [69] S. Yoshida, T. Matsunaga, H. P. Hogan and K. Nishikawa. Heat transfer enhancement in horizontal spirally grooved evaporator tubes. *JSME International Journal Series II*, Vol.31, No.3, pp. 505–512, 1988.
- [70] 吉田 駿, 森 英夫, 柿本 益志, 大石 克巳. 冷媒の水平蒸発管におけるドライアウトクオリティ. *日本冷凍空調学会論文集*, Vol.17, No.4, pp.511–520, 2000.
- [71] R. Yun, Y. Kim, K. Seo and H. Y. Kim. A generalized correlation for evaporation heat transfer of refrigerants in micro-fin tubes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 45, pp.2003–2010, 2002.
- [72] S. Momoki, J. Yu and S. Koyama. Experimental study of surface effect on flow boiling heat transfer in horizontal smooth tubes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 42, pp.1909–1918, 1999.
- [73] O. Zurcher, J. R. Thome and D. Favrat. Evaporation of ammonia in a smooth horizontal tube: Heat transfer measurements and prediction. *ASME Journal of Heat Transfer*, Vol.121, pp.89–100, 1999.
- [74] D. Favrat O. Zurcher and J. R. Thome. Development of a diabatic two-phase flow pattern map for horizontal flow boiling. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 45, pp.291–301, 2002.
- [75] D. Favrat O. Zurcher and J. R. Thome. Evaporation of refrigerants in a horizontal tube: an improved flow pattern dependent heat transfer model compared to ammonia data. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 45, pp.303–317, 2002.
- [76] W. R. Zahn. A visual study of two-phase flow while evaporating in horizontal tubes. *ASME. Journal of Heat Transfer*, Vol.83, pp.417–429, 1964.

付録 A 分離流域の管周平均熱伝達係数の算出方法

ここでは、図 A.1 に示すような分離流域での管周平均熱伝達係数、吉田ら [5] の方法を用いて算出する手順について説明する。

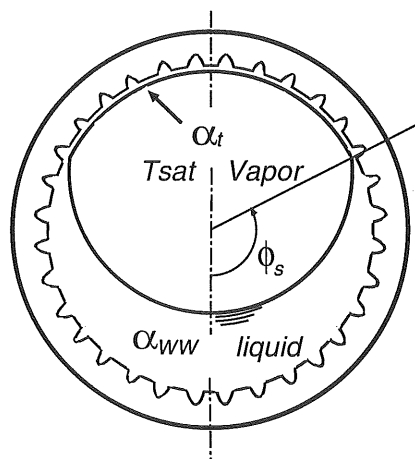


図 A.1 分離流域における伝熱モデル

管壁厚さが比較的薄い場合には、管壁内の半径方向の温度変化が無視できる。このときには、管周方向のみの熱伝導を考えればよいので、次の微分方程式が成り立つ。

$$\frac{\lambda_w \delta}{r_m^2} \frac{d^2 T_\phi}{d\phi^2} - q_\phi + q_{o\phi} + H\delta = 0 \quad (\text{A.1})$$

上式に使用されている記号を以下に記す。

- λ_w : 管の熱伝導率 [W/m]
 δ : 管の肉厚 [m]
 ϕ : 管底点からの位置 [rad.]
 T_ϕ : ϕ の点における管壁温度 [K]
 q_ϕ : ϕ の点における管内面熱流束 [W/m²]
 $q_{o\phi}$: ϕ の点における管外面熱流束 [W/m²]
 H : 管壁内部の発熱量 [W/m³]

分離流において管底側で液が十分存在している領域と管頂側の熱流束, q_ϕ , は濡れ境界角度の予測値, ϕ_s , を用いると次式で表される。

$$\left. \begin{aligned}
 q_\phi &= \alpha(T_\phi - T_{\text{sat}}) \\
 0 \leq \phi \leq \phi_s &: \alpha = \alpha_{\text{ww}} \\
 \phi_s < \phi \leq \pi &: \alpha = \alpha_t
 \end{aligned} \right\} \quad (\text{A.2})$$

ここに, α_{ww} は式(6.17)から(6.30)に示す環状流域の熱伝達係数の予測式から算出する。 α_t は管頂側の平均熱伝達係数であり, 流動状態の判定結果より, 管頂側が乾く場合は式(6.48)から算出した α_d を, 管頂側が濡れる場合は式(6.41)から算出した α_m を, α_t とする。

管頂側で液冷媒が十分存在する領域と管頂側の領域を区別して表わすことにし, それぞれを $T_{\text{ww}\phi}$ と $T_{t\phi}$ とすると, 式(A.1)の微分方程式が適用される。境界条件を以下に示す。

$$\left. \begin{aligned}
 \phi = 0 &: \frac{dT_{\text{ww}\phi}}{d\phi} = 0 \\
 \phi = \pi &: \frac{dT_{t\phi}}{d\phi} = 0 \\
 \phi = \phi_s &: T_{\text{ww}\phi} = T_{t\phi}, \quad \frac{dT_{\text{ww}\phi}}{d\phi} = \frac{dT_{t\phi}}{d\phi} = 0
 \end{aligned} \right\} \quad (\text{A.3})$$

以下のようにパラメータの無次元化を行う。

$$\left. \begin{aligned} \phi^* &= \phi/\pi \\ \phi_s^* &= \phi_s/\pi \\ \Theta_{ww} &= (T_{ww\phi} - T_{sat}) / (Rq) \\ \Theta_t &= (T_{t\phi} - T_{sat}) / (Rq) \\ q^* &= q_\phi/q \\ q_o^* &= (q_{o\phi} + H\delta) / q \\ \kappa &= \sqrt{R\alpha_{ww}} \\ \omega &= \sqrt{\alpha_t/\alpha_{ww}} \end{aligned} \right\} \quad (A.4)$$

ここに, q は実流路等価直径, d_i における平均熱流束, R は次式で求める。

$$R = \frac{\pi^2 r_m^2}{\lambda_w \delta} \quad (A.5)$$

本研究のように直接通電加熱 ($H = \text{const}$, $q_{o\phi} = 0$) の場合は, $q_o^* = 1$ である。式 (A.2) を式 (A.1) に代入し, 上記の無次元化を行うと次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} 0 \leq \phi^* \leq \phi_s^* &: \frac{d^2 \Theta_{ww}}{d\phi^{*2}} - \kappa^2 \Theta_{ww} + 1 = 0 \\ \phi_s^* < \phi^* \leq 1 &: \frac{d^2 \Theta_{ww}}{d\phi^{*2}} - \omega^2 \kappa^2 \Theta_t + 1 = 0 \end{aligned} \right\} \quad (A.6)$$

式 (A.3) で表される境界条件を無次元化すると, 次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} \phi^* = 0 &: \frac{d\Theta_{ww\phi^*}}{d\phi^*} = 0 \\ \phi^* = 1 &: \frac{d\Theta_{t\phi^*}}{d\phi^*} = 0 \\ \phi^* = \phi_s^* &: \Theta_{ww\phi^*} = \Theta_{t\phi^*}, \quad \frac{d\Theta_{ww\phi^*}}{d\phi^*} = \frac{d\Theta_{t\phi^*}}{d\phi^*} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (A.7)$$

式 (A.7) の境界条件より式 (A.6) の解析解は次のように求まる。

$$\Theta_{ww} = A \cosh(\kappa \phi^*) + \frac{1}{\kappa^2} \quad (A.8)$$

$$\Theta_t = B \exp(\kappa \omega) \cosh\{\kappa \omega(1 - \phi^*)\} + \frac{1}{\kappa^2 \omega^2} \quad (A.9)$$

ここに, A, B, C を次式で表す。

$$A = \frac{\omega \left(\frac{1 - \omega^2}{\omega^2 \kappa^2} \right) \sinh[\omega \kappa(1 - \phi_s^*)]}{C} \quad (A.10)$$

$$B = -\frac{\left(\frac{1-\omega^2}{\omega^2\kappa^2}\right) \sinh(\kappa\phi_s^*)}{C} \quad (\text{A.11})$$

$$C = \omega \cosh(\kappa\phi_s^*) \sinh[\omega\kappa(1-\phi_s^*)] + \sinh(\kappa\phi_s^*) \cosh[\omega\kappa(1-\phi_s^*)] \quad (\text{A.12})$$

管周平均熱伝達係数は以下のようにして求められる。

$$\alpha = \frac{q}{T_w - T_{\text{sat}}} = \frac{1}{R\bar{\Theta}} \quad (\text{A.13})$$

ここに、 $\bar{\Theta}$ は次式で求まる。

$$\bar{\Theta} = \int_0^1 \Theta d\phi^* = \int_0^{\phi_s^*} \Theta_{\text{ww}} d\phi^* + \int_{\phi_s^*}^1 \Theta_t d\phi^* \quad (\text{A.14})$$

$$= \frac{A}{\kappa} \sinh(\kappa\phi_s^*) + \frac{\phi_s^*}{\kappa^2} + \frac{1-\phi_s^*}{\omega^2\kappa^2} + \frac{B}{\omega\kappa} \sinh[\omega\kappa(1-\phi_s^*)] \quad (\text{A.15})$$

また、管頂側および管底側の無次元壁温平均値 $\overline{\Theta_{\text{ww}}}$ と $\overline{\Theta_t}$ は次式で求まる。

$$\overline{\Theta_{\text{ww}}} = \int_0^{\phi_s^*} \Theta_{\text{ww}} d\phi^* = \frac{1}{\phi_s^*} \left[\frac{A}{\kappa} \sinh(\kappa\phi_s^*) + \frac{\phi_s^*}{\kappa^2} \right] \quad (\text{A.16})$$

$$\overline{\Theta_t} = \int_{\phi_s^*}^1 \Theta_t d\phi^* = \frac{1}{1-\phi_s^*} \frac{B}{\kappa, \omega} \sinh[\omega\kappa(1-\phi_s^*)] + \frac{1}{\kappa^2\omega^2} \quad (\text{A.17})$$

管頂側および管底側の平均熱流束 q_{ww} 、 q_t は、それぞれの領域の平均熱伝達係数より次式で求まる。

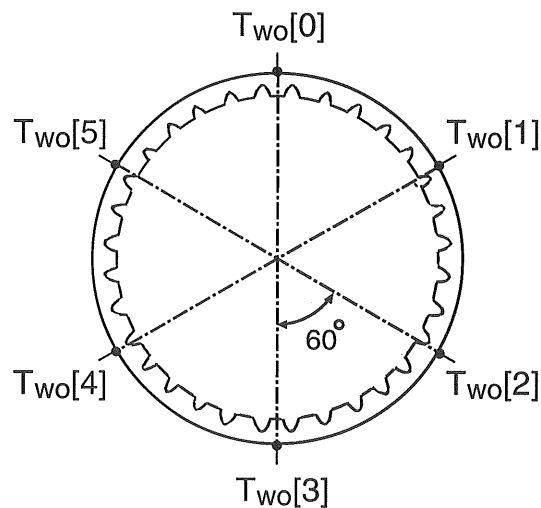
$$q_{\text{ww}} = \alpha_{\text{ww}} (T_{\text{ww}} - T_{\text{sat}}) = \alpha_{\text{ww}} \overline{\Theta_{\text{ww}}} R q \quad (\text{A.18})$$

$$q_t = \alpha_t (T_t - T_{\text{sat}}) = \alpha_t \overline{\Theta_t} R q \quad (\text{A.19})$$

付録 B 実験データ

第4章の管内の流動様相を判定した際に用いた実験データならびに第5章, 第6章で整理した実験データを次の表に示す。表中に使用した記号を以下の表に示す。

x	: 熱力学的平衡クオリティ	[-]
α	: 管周平均熱伝達係数	[kW/m ² ·K]
T_{atm}	: 実験データ取得時の大気温度	[°C]
P	: 壁温測定位置における絶対圧力	[MPa]
G	: 質量速度	[kg/(m ² ·s)]
q	: 熱流束	[kW/m ²]
T_{sat}	: 冷媒の飽和温度	[°C]
$\overline{T_{\text{wo}}}$: 管外表面の管周平均温度	[°C]
$T_{\text{wo}}[i]$: 下図に示す位置の管外表面温度 ($i = 0 \sim 5$)	[°C]
FlowPattern	: 管周方向の壁温分布から判定した流動様相 記号については図4.16を参照	
Run day	: データ取得日	
File name	: データファイル名	



HCFC123, $P \simeq 0.2\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.182	2.942	15.0	2.053	97.5	5.07	48.89	50.69	49.75	50.21	51.44	52.08	50.78	49.81	S-M	Dec. 12 2003 b_r1G100P020q05x10.2.r00(0)
0.259	3.377	16.5	2.142	98.0	5.06	50.27	51.70	50.98	51.27	51.86	53.24	52.32	51.31	S-M	Dec. 10 2003 b_r1G100P020q05x10.0.r00(1)
0.355	3.533	15.0	2.034	97.5	5.07	48.59	50.02	49.25	49.35	50.26	51.03	50.73	49.88	S-M	Dec. 12 2003 b_r1G100P020q05x10.2.r00(2)
0.439	3.389	13.5	1.942	101.9	5.07	47.11	48.50	48.14	48.11	48.94	49.09	49.26	48.46	S-M	Dec. 8 2003 b_r1G100P020q05x20.0.r00(2)
0.487	3.596	16.5	2.002	100.5	5.11	48.08	49.57	49.41	49.14	49.50	49.97	49.90	49.44	S-M	Dec. 23 2003 b_r1G100P020q05x45.2.r00(0)
0.572	3.539	16.5	1.993	100.5	5.11	47.94	49.34	49.31	49.26	49.34	49.67	49.65	49.42	A	Dec. 23 2003 b_r1G100P020q05x45.2.r00(1)
0.610	4.074	16.0	2.077	102.9	5.08	49.26	50.59	50.46	50.44	50.62	50.83	50.65	50.43	A	Dec. 11 2003 b_r1G100P020q05x60.4.r00(0)
0.663	4.608	15.0	2.018	101.0	5.07	48.33	49.41	49.30	49.34	49.43	49.65	49.74	49.53	A	Dec. 22 2003 b_r1G100P020q05x45.1.r00(2)
0.717	5.019	15.0	1.985	98.7	5.08	47.80	48.77	48.86	48.67	48.70	49.01	49.06	48.95	A	Dec. 22 2003 b_r1G100P020q05x60.6.r00(1)
0.776	5.472	16.0	2.057	102.9	5.08	48.94	49.86	49.84	49.87	49.91	50.08	50.10	49.81	A	Dec. 11 2003 b_r1G100P020q05x60.4.r00(2)
0.843	6.217	17.0	1.966	98.7	5.12	47.50	48.31	48.17	48.32	48.41	48.44	48.59	48.37	A	Dec. 23 2003 b_r1G100P020q05x60.8.r00(2)

HCFC123, $P \simeq 0.2\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.151	3.397	11.0	2.033	99.7	15.46	48.58	53.32	54.56	53.54	53.72	54.53	52.30	51.23	S-D	Jan. 19 2004 b_r1G100P020q15x00_1.r00(0)
0.220	3.290	12.0	1.950	101.0	15.89	47.24	52.26	53.18	54.40	52.16	53.03	50.79	50.00	S-D	Jan. 20 2004 b_r1G100P020q15x00_5.r00(0)
0.255	3.934	12.0	2.043	100.0	15.42	48.74	52.84	52.69	54.36	53.09	53.87	52.10	50.94	S-D to S-M	Jan. 19 2004 b_r1G100P020q15x00_3.r00(0)
0.360	4.992	10.5	2.020	100.5	15.49	48.36	51.66	50.92	51.41	51.47	53.26	51.98	50.87	S-D to S-M	Jan. 19 2004 b_r1G100P020q15x00_0.r00(1)
0.408	5.792	11.0	2.026	99.7	15.46	48.46	51.32	51.09	50.85	50.83	52.30	51.80	51.04	A to A-M	Jan. 19 2004 b_r1G100P020q15x00_1.r00(1)
0.480	5.910	12.0	1.938	101.0	15.89	47.03	49.92	49.87	49.79	49.82	49.99	50.19	49.82	A to A-M	Jan. 20 2004 b_r1G100P020q15x00_5.r00(1)
0.510	6.514	12.0	2.030	100.0	15.42	48.53	51.09	51.02	50.95	50.95	51.23	51.31	51.02	A-M	Jan. 19 2004 b_r1G100P020q15x00_3.r00(1)
0.618	6.592	10.5	2.009	100.5	15.49	48.19	50.74	50.97	50.81	50.66	50.68	50.60	50.60	A-M	Jan. 19 2004 b_r1G100P020q15x00_0.r00(2)
0.667	6.737	11.0	2.010	99.7	15.46	48.21	50.71	50.82	50.72	50.57	50.73	50.67	50.66	A-M	Jan. 19 2004 b_r1G100P020q15x00_1.r00(2)
0.714	6.750	11.5	2.022	98.7	15.44	48.39	50.88	50.78	51.07	50.89	50.66	51.13	50.65	A-M	Jan. 19 2004 b_r1G100P020q15x00_2.r00(2)

HCFC123, $P \simeq 0.2\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}[0]}$	$T_{\text{wo}[1]}$	$T_{\text{wo}[2]}$	$T_{\text{wo}[3]}$	$T_{\text{wo}[4]}$	$T_{\text{wo}[5]}$	Flow pattern	Run day File name
0.197	3.480	15.0	2.114	202.6	5.05	49.83	51.35	50.88	50.85	51.48	51.97	51.75	51.15	S-M	Dec. 12 2003 b_r1G200P020q05x20_1.r00(0)
0.234	3.658	15.0	2.078	199.2	5.07	49.28	50.73	50.47	50.39	50.79	51.14	51.00	50.59	S-M	Dec. 16 2003 b_r1G200P020q05x20_4.r00(0)
0.277	3.900	15.0	2.065	199.2	5.07	49.07	50.39	50.20	50.22	50.60	50.71	50.55	50.30	S-M	Dec. 16 2003 b_r1G200P020q05x20_4.r00(1)
0.320	4.080	15.0	2.048	199.2	5.07	48.81	50.08	50.06	49.90	50.07	50.22	50.20	50.21	A	Dec. 16 2003 b_r1G200P020q05x20_4.r00(2)
0.433	4.192	16.0	2.081	202.1	5.09	49.33	50.58	50.63	50.56	50.65	50.61	50.72	50.48	A	Dec. 16 2003 b_r1G200P020q05x40_5.r00(0)
0.462	4.510	16.0	2.058	200.9	5.09	48.97	50.13	50.14	49.99	50.27	50.18	50.22	50.15	A	Dec. 17 2003 b_r1G200P020q05x40_7.r00(1)
0.506	4.648	16.0	2.029	200.9	5.09	48.52	49.66	49.69	49.70	49.64	49.64	49.67	49.69	A	Dec. 17 2003 b_r1G200P020q05x40_7.r00(2)
0.563	5.071	15.5	2.137	199.4	5.07	50.18	51.24	51.33	51.30	51.32	51.19	51.18	51.14	A	Dec. 15 2003 b_r1G200P020q05x55_1.r00(0)
0.614	5.137	16.0	2.151	200.2	5.08	50.41	51.46	51.59	51.49	51.54	51.35	51.43	51.35	A	Dec. 17 2003 b_r1G200P020q05x60_0.r00(0)
0.659	6.416	16.0	2.119	200.2	5.08	49.91	50.72	50.78	50.69	50.94	50.70	50.75	50.72	A	Dec. 17 2003 b_r1G200P020q05x60_0.r00(1)
0.704	6.702	16.0	2.082	200.2	5.08	49.34	50.14	50.18	50.29	50.14	50.08	50.05	50.24	A	Dec. 17 2003 b_r1G200P020q05x60_0.r00(2)
0.739	7.665	15.5	2.168	199.7	5.06	50.66	51.33	51.37	51.27	51.57	51.32	51.38	51.35	A	Dec. 15 2003 b_r1G200P020q05x70_0.r00(1)

HCFC123, $P \simeq 0.2\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}[0]}$	$T_{\text{wo}[1]}$	$T_{\text{wo}[2]}$	$T_{\text{wo}[3]}$	$T_{\text{wo}[4]}$	$T_{\text{wo}[5]}$	Flow pattern	Run day File name
0.197	5.112	11.0	2.152	198.2	15.82	50.42	53.72	53.03	53.03	53.92	55.18	54.28	52.79	S-M	Jan. 13 2004 b_r1G200P020q15x05.2.r00(0)
0.233	5.289	12.5	2.102	198.4	15.86	49.65	52.85	52.54	52.58	52.92	53.74	53.04	52.21	S-M	Jan. 14 2004 b_r1G200P020q15x08.0.r00(0)
0.299	5.668	12.5	2.120	200.7	15.85	49.93	52.94	52.86	52.86	53.00	53.45	52.98	52.36	A	Jan. 14 2004 b_r1G200P020q15x16.0.r00(0)
0.331	5.756	11.0	2.127	198.2	15.82	50.04	52.85	52.79	52.57	52.65	53.69	53.41	52.74	A	Jan. 13 2004 b_r1G200P020q15x05.2.r00(1)
0.388	5.845	12.0	2.123	197.5	15.85	49.98	52.90	52.81	52.72	52.93	53.36	53.12	52.33	A	Jan. 13 2004 b_r1G200P020q15x23.1.r00(0)
0.459	6.387	11.5	2.085	198.7	15.84	49.39	51.94	52.19	51.85	52.07	52.17	52.07	52.01	A to A-M	Jan. 13 2004 b_r1G200P020q15x18.2.r00(1)
0.502	6.284	12.5	2.046	198.4	15.86	48.78	51.40	51.59	51.63	51.35	51.40	51.41	51.54	A to A-M	Jan. 14 2004 b_r1G200P020q15x08.0.r00(2)
0.548	6.487	12.0	2.119	199.2	15.84	49.91	52.41	52.65	52.44	52.51	52.54	52.60	52.50	A to A-M	Jan. 13 2004 b_r1G200P020q15x26.0.r00(1)
0.594	6.710	11.5	2.039	198.7	15.84	48.68	51.13	51.32	51.29	51.15	51.15	51.11	51.33	A-M	Jan. 13 2004 b_r1G200P020q15x18.2.r00(2)
0.684	6.333	12.0	2.070	199.2	15.84	49.16	51.75	51.91	52.04	51.79	51.72	51.73	51.90	A-M	Jan. 13 2004 b_r1G200P020q15x26.0.r00(2)
0.737	6.536	12.0	2.138	199.4	15.83	50.20	52.71	52.96	52.96	52.77	52.62	52.69	52.88	A-M	Jan. 13 2004 b_r1G200P020q15x32.0.r00(2)

HCFC123, $P \simeq 0.2\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 25 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	\overline{T}_{wo}	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.181	6.501	7.0	2.244	199.9	25.69	51.79	56.07	55.52	55.58	56.15	57.63	56.49	54.95	S-M	Jan. 22 2004 b_r1G200P020q25x00.7.r00(0)
0.253	6.573	7.5	2.261	200.7	25.67	52.04	56.27	55.89	55.97	56.35	57.50	56.54	55.25	S-M	Jan. 22 2004 b_r1G200P020q25x00.8.r00(0)
0.323	7.361	7.0	2.173	199.7	25.74	50.73	54.39	54.63	54.52	54.46	54.64	54.55	54.40	A to A-M	Jan. 22 2004 b_r1G200P020q25x00.6.r00(1)
0.392	7.980	13.5	2.183	199.7	25.80	50.89	54.31	54.56	54.38	54.36	54.34	54.49	54.48	A to A-M	Jan. 19 2004 b_r1G200P020q25x00.1.r00(1)
0.479	8.597	11.0	2.195	198.0	25.73	51.06	54.23	54.51	54.29	54.30	54.35	54.47	54.26	A to A-M	Jan. 20 2004 b_r1G200P020q25x00.4.r00(1)
0.537	9.002	7.5	2.228	200.9	25.71	51.56	54.58	54.97	54.77	54.78	54.61	54.52	54.67	A-M	Jan. 22 2004 b_r1G200P020q25x07.1.r00(1)
0.614	8.501	7.0	2.177	199.9	25.69	50.80	54.01	54.26	54.17	54.11	54.02	53.98	54.20	A-M	Jan. 22 2004 b_r1G200P020q25x00.7.r00(2)
0.685	7.870	7.5	2.184	200.7	25.67	50.90	54.35	54.66	54.59	54.45	54.36	54.25	54.49	A-M	Jan. 22 2004 b_r1G200P020q25x00.8.r00(2)
0.755	8.321	7.5	2.174	200.9	25.71	50.75	54.03	54.18	54.25	54.34	54.06	53.89	54.14	A-M	Jan. 22 2004 b_r1G200P020q25x07.1.r00(2)

HCFC123, $P \simeq 0.3\text{MPa}$, $G \simeq 250 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.164	4.089	15.5	3.037	249.8	4.87	62.13	63.38	62.93	62.79	63.62	64.16	63.86	62.91	S-M	Dec. 25 2003 b_r1G250P030q05x15_0.r00(0)
0.233	4.340	15.5	3.018	249.8	4.87	61.90	63.10	62.78	62.84	63.05	63.50	63.41	62.88	S-M	Dec. 25 2003 b_r1G250P030q05x15_0.r00(2)
0.316	4.840	14.5	3.047	250.3	4.84	62.24	63.32	63.19	63.14	63.22	63.49	63.42	63.35	A	Jan. 8 2004 b_r1G250P030q05x25_0.r00(2)
0.414	5.269	17.0	2.974	248.8	4.90	61.39	62.34	62.25	62.25	62.48	62.49	62.47	62.31	A	Dec. 25 2003 b_r1G250P030q05x35_0.r00(1)
0.536	6.129	18.0	2.988	248.3	4.92	61.54	62.37	62.43	62.33	62.51	62.41	62.43	62.33	A	Dec. 25 2003 b_r1G250P030q05x50_0.r00(1)
0.625	7.714	14.5	2.965	249.8	4.86	61.28	61.99	61.99	61.96	61.95	61.93	61.95	62.03	A	Jan. 8 2004 b_r1G250P030q05x60_0.r00(2)
0.736	8.863	18.5	2.999	249.1	4.92	61.68	62.31	62.30	62.33	62.29	62.31	62.29	62.22	A	Dec. 25 2003 b_r1G250P030q05x65_1.r00(2)

HCFC123, $P \simeq 0.3\text{MPa}$, $G \simeq 250 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}[0]}$	$T_{\text{wo}[1]}$	$T_{\text{wo}[2]}$	$T_{\text{wo}[3]}$	$T_{\text{wo}[4]}$	$T_{\text{wo}[5]}$	Flow pattern	Run day File name
0.218	5.293	13.0	3.093	248.8	15.64	62.77	65.94	65.36	65.47	65.93	67.01	66.62	65.12	S-M	Jan. 9 2004 b_r1G250P030q15x10.2.r00(0)
0.309	5.936	13.5	3.156	252.5	15.64	63.49	66.32	65.82	65.92	66.27	67.11	66.85	65.94	S-M	Dec. 22 2003 b_r1G250P030q15x18.0.r00(0)
0.441	5.833	11.5	2.994	249.3	15.63	61.62	64.40	64.12	64.18	64.26	65.07	65.18	64.12	S-M	Dec. 19 2003 b_r1G250P030q15x10.0.r00(2)
0.501	5.699	15.0	3.168	250.0	15.67	63.62	66.58	66.56	66.37	66.52	66.78	66.83	66.32	A	Dec. 23 2003 b_r1G250P030q15x40.0.r00(0)
0.566	6.086	13.5	3.018	251.0	15.65	61.90	64.54	64.39	64.34	64.65	65.09	65.10	64.40	A	Jan. 9 2004 b_r1G250P030q15x25.2.r00(2)
0.611	6.044	15.0	3.130	250.0	15.67	63.19	65.81	66.08	65.84	65.90	66.01	66.01	66.01	A	Dec. 23 2003 b_r1G250P030q15x40.0.r00(1)
0.688	6.487	18.0	3.000	249.8	15.75	61.69	64.16	64.37	64.20	64.24	64.42	64.39	64.20	A	Dec. 25 2003 b_r1G250P030q15x45.5.r00(1)
0.782	7.022	15.5	3.023	250.3	15.69	61.96	64.18	64.35	64.14	64.27	64.49	64.42	64.63	A	Dec. 22 2003 b_r1G250P030q15x45.2.r00(2)

HCFC123, $P \simeq 0.3\text{MPa}$, $G \simeq 250 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 25 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.197	6.796	11.0	3.092	249.1	25.55	62.76	66.85	66.21	66.22	66.94	68.29	67.57	65.75	S-M	Feb. 5 2004 b_r1G250P030q25x00.8.r00(0)
0.232	6.781	11.0	3.099	250.8	25.55	62.84	66.94	66.31	66.36	67.00	68.24	67.66	65.94	S-M	Feb. 5 2004 b_r1G250P030q25x00.11.r00(0)
0.291	6.798	12.5	3.164	249.8	25.59	63.58	67.87	67.09	67.16	67.57	68.78	68.52	66.79	S-M	Feb. 10 2004 b_r1G250P030q25x09.0.r00(0)
0.347	7.146	13.0	3.197	249.5	25.59	63.95	68.01	67.39	67.39	67.79	68.66	68.58	67.21	S-M	Feb. 10 2004 b_r1G250P030q25x15.2.r00(0)
0.407	7.616	11.0	3.140	249.5	25.53	63.31	66.84	66.51	66.30	66.60	68.01	67.82	66.56	A to A-M	Feb. 10 2004 b_r1G250P030q25x03.0.r00(1)
0.454	8.082	11.5	3.153	250.0	25.58	63.45	66.81	66.75	66.46	66.53	67.46	67.55	66.79	A to A-M	Feb. 10 2004 b_r1G250P030q25x07.0.r00(1)
0.500	9.161	13.0	3.139	250.8	25.60	63.30	66.25	66.54	66.31	66.20	66.44	66.52	66.40	A to A-M	Feb. 10 2004 b_r1G250P030q25x12.2.r00(1)
0.550	10.025	13.5	3.147	249.5	25.61	63.39	66.09	66.50	66.34	66.17	66.14	66.13	66.24	A to A-M	Feb. 10 2004 b_r1G250P030q25x18.0.r00(1)
0.590	9.942	9.0	3.158	250.3	25.53	63.52	66.22	66.59	66.43	66.40	66.31	66.27	66.35	A-M	Jan. 23 2004 b_r1G250P030q25x20.2.r00(1)
0.649	10.098	8.5	3.147	250.8	25.52	63.38	66.08	66.37	66.17	66.16	66.12	66.02	66.47	A-M	Jan. 23 2004 b_r1G250P030q25x08.0.r00(2)
0.707	10.170	13.0	3.118	249.5	25.59	63.06	65.75	66.09	65.68	65.98	65.81	65.78	65.94	A-M	Feb. 10 2004 b_r1G250P030q25x15.2.r00(2)
0.756	10.112	13.5	3.103	250.8	25.60	62.88	65.60	65.96	65.50	65.76	65.63	65.62	65.85	A-M	Feb. 10 2004 b_r1G250P030q25x21.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.171	3.438	17.5	8.006	100.7	5.34	15.49	16.93	16.53	16.53	17.99	18.44	17.14	16.01	S-D	Nov. 18 2004 b_r2G100P080q05x08_1.r00(0)
0.247	3.465	17.5	7.986	100.2	5.34	15.40	16.91	16.60	16.75	17.52	18.08	17.03	16.06	S-D	Nov. 18 2004 b_r2G100P080q05x08_0.r00(1)
0.300	3.447	18.0	8.000	100.2	5.34	15.47	17.03	16.83	17.18	17.36	17.99	17.05	16.07	S-D	Nov. 18 2004 b_r2G100P080q05x13_0.r00(1)
0.346	4.127	18.0	8.012	103.2	5.30	15.52	16.86	16.38	16.85	17.21	17.82	16.89	16.05	S-D to S-M	Nov. 24 2004 b_r2G100P080q05x25_1.r00(0)
0.392	5.049	18.5	8.012	101.7	5.31	15.52	16.63	16.00	16.16	17.02	17.67	16.86	16.08	S-D to S-M	Nov. 24 2004 b_r2G100P080q05x30_0.r00(0)
0.454	5.249	18.5	8.006	100.5	5.31	15.49	16.57	16.03	16.02	16.88	17.57	16.83	16.08	S-M	Nov. 24 2004 b_r2G100P080q05x35_1.r00(0)
0.501	5.401	18.0	8.009	100.5	5.34	15.50	16.56	15.92	15.97	16.76	17.59	16.94	16.17	S-M	Nov. 18 2004 b_r2G100P080q05x25_0.r00(2)
0.543	5.818	18.5	8.011	99.7	5.31	15.51	16.49	16.05	15.98	16.66	17.36	16.76	16.13	S-M	Nov. 24 2004 b_r2G100P080q05x45_0.r00(0)
0.591	6.483	17.5	8.006	101.0	5.34	15.49	16.38	15.97	15.91	16.50	17.17	16.65	16.08	S-M	Nov. 18 2004 b_r2G100P080q05x50_0.r00(0)
0.664	6.484	17.5	8.003	101.0	5.34	15.48	16.38	16.02	15.91	16.31	17.14	16.69	16.11	S-M	Nov. 18 2004 b_r2G100P080q05x50_0.r00(1)
0.708	6.593	17.5	8.007	101.4	5.34	15.50	16.40	16.12	16.00	16.23	17.04	16.66	16.16	S-M	Nov. 18 2004 b_r2G100P080q05x55_0.r00(1)
0.738	6.287	17.5	8.000	101.0	5.34	15.46	16.38	15.97	16.00	16.30	17.08	16.71	16.20	S-M	Nov. 18 2004 b_r2G100P080q05x50_0.r00(2)
0.782	6.859	17.5	8.004	101.4	5.34	15.48	16.32	16.02	15.99	16.15	16.87	16.68	16.23	S-M	Nov. 18 2004 b_r2G100P080q05x55_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 10 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.191	2.347	10.5	8.011	99.5	10.55	15.51	20.13	22.85	20.14	19.37	19.47	18.88	20.09	S-D	Jan. 25 2005 b_r2G100P080q10x00_1.r00(0)
0.253	2.994	18.5	8.013	100.5	10.42	15.52	19.13	21.35	19.79	18.85	19.16	17.84	17.76	S-D	Nov. 17 2004 b_r2G100P080q10x06_0.r00(0)
0.305	3.413	18.5	8.009	101.7	10.41	15.50	18.68	20.55	19.48	18.10	18.90	17.76	17.29	S-D	Nov. 17 2004 b_r2G100P080q10x12_0.r00(0)
0.336	3.317	19.0	7.992	101.0	10.43	15.43	18.70	20.71	19.78	18.05	18.75	17.63	17.27	S-D	Nov. 17 2004 b_r2G100P080q10x15_0.r00(0)
0.371	3.178	12.5	8.020	99.5	10.58	15.55	19.01	21.26	20.56	18.20	18.86	17.69	17.47	S-D	Jan. 25 2005 b_r2G100P080q10x18_0.r00(0)
0.448	3.463	12.5	8.026	99.7	10.58	15.58	18.76	20.19	21.00	18.16	18.77	17.65	16.79	S-D	Jan. 25 2005 b_r2G100P080q10x27_0.r00(0)
0.479	5.004	19.0	7.990	101.0	10.43	15.42	17.59	16.41	18.09	17.83	18.73	18.05	16.65	S-D to S-M	Nov. 17 2004 b_r2G100P080q10x15_0.r00(1)
0.493	6.241	18.5	8.015	102.2	10.41	15.53	17.32	16.59	17.51	17.60	18.43	17.33	16.49	S-M	Nov. 16 2004 b_r2G100P080q10x30_0.r00(0)
0.537	6.442	12.0	8.013	100.2	10.57	15.52	17.29	16.51	17.34	17.53	18.42	17.49	16.46	S-M	Jan. 25 2005 b_r2G100P080q10x36_0.r00(0)
0.624	6.148	19.0	7.987	101.0	10.43	15.41	17.23	16.30	16.22	17.29	18.65	18.11	16.79	S-M	Nov. 17 2004 b_r2G100P080q10x15_0.r00(2)
0.683	7.719	12.0	8.009	100.2	10.57	15.50	17.00	16.50	16.27	16.37	18.25	17.90	16.71	A to A-M	Jan. 25 2005 b_r2G100P080q10x36_0.r00(1)
0.719	11.527	19.0	8.006	102.9	10.42	15.49	16.52	16.48	16.49	16.51	16.47	16.52	16.65	A-M	Nov. 16 2004 b_r2G100P080q10x25_0.r00(2)
0.777	11.628	18.5	8.009	102.2	10.41	15.50	16.52	16.45	16.49	16.52	16.49	16.54	16.65	A-M	Nov. 16 2004 b_r2G100P080q10x30_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.261	2.775	18.5	8.008	101.0	15.96	15.50	21.44	26.06	23.17	19.78	19.66	19.06	20.91	S-D	Nov. 25 2004 b_r2G100P080q15x00_0.r00(0)
0.295	2.854	19.0	8.007	101.4	15.96	15.50	21.28	25.85	23.62	19.67	19.54	18.90	20.11	S-D	Nov. 25 2004 b_r2G100P080q15x00_1.r00(0)
0.295	2.854	19.0	8.007	101.4	15.96	15.50	21.28	25.85	23.62	19.67	19.54	18.90	20.11	S-D	Nov. 25 2004 b_r2G100P080q15x00_1.r00(0)
0.352	2.898	18.5	7.999	101.0	15.96	15.46	21.16	26.03	24.02	19.24	19.45	18.38	19.84	S-D	Nov. 26 2004 b_r2G100P080q15x05_0.r00(0)
0.455	3.011	17.5	8.003	101.7	15.94	15.48	21.36	24.85	25.13	19.00	19.73	19.01	18.05	S-D	Nov. 26 2004 b_r2G100P080q15x00_2.r00(1)
0.495	3.161	18.0	8.005	100.0	15.95	15.49	21.09	24.00	25.14	18.93	19.69	18.92	17.67	S-D	Nov. 26 2004 b_r2G100P080q15x00_3.r00(1)
0.545	5.350	19.0	7.997	101.0	15.96	15.45	18.60	17.44	19.97	18.78	19.33	18.82	17.43	S-D to S-M	Nov. 25 2004 b_r2G100P080q15x03_0.r00(1)
0.578	6.623	18.5	8.010	101.0	15.95	15.51	17.98	16.99	17.38	18.74	19.28	18.80	17.45	S-M	Nov. 25 2004 b_r2G100P080q15x07_0.r00(1)
0.674	6.649	17.5	7.999	101.7	15.94	15.46	18.05	17.06	17.11	17.95	19.68	19.04	17.45	S-M	Nov. 26 2004 b_r2G100P080q15x00_2.r00(2)
0.733	6.862	19.0	8.001	101.4	15.96	15.47	17.99	17.06	17.06	17.95	19.48	18.92	17.46	S-M	Nov. 25 2004 b_r2G100P080q15x00_1.r00(2)
0.733	6.862	19.0	8.001	101.4	15.96	15.47	17.99	17.06	17.06	17.95	19.48	18.92	17.46	S-M	Nov. 25 2004 b_r2G100P080q15x00_1.r00(2)
0.766	9.607	19.0	7.993	101.0	15.96	15.44	17.29	17.12	16.96	17.22	17.01	17.88	17.54	A to A-M	Nov. 25 2004 b_r2G100P080q15x03_0.r00(2)
0.799	12.080	18.5	8.005	101.0	15.95	15.49	17.00	17.00	16.87	16.94	16.87	17.16	17.16	A to A-M	Nov. 25 2004 b_r2G100P080q15x07_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.048	2.092	16.0	8.012	151.1	5.27	15.51	18.28	17.03	17.52	18.91	19.23	18.70	17.19	S-D to S-M	Nov. 30 2004 b_r2G150P080q05x00_0.r00(0)
0.087	3.213	17.0	8.002	150.1	5.29	15.47	17.27	15.98	16.38	17.94	18.47	17.60	16.73	S-D to S-M	Nov. 30 2004 b_r2G150P080q05x02_0.r00(0)
0.145	3.485	16.0	7.999	151.1	5.27	15.46	17.04	15.92	15.35	17.97	18.65	17.92	16.40	S-D to S-M	Nov. 30 2004 b_r2G150P080q05x00_0.r00(2)
0.202	4.422	17.0	8.012	150.6	5.28	15.52	16.78	16.05	16.04	17.14	17.84	17.38	16.22	S-M	Nov. 29 2004 b_r2G150P080q05x13_0.r00(0)
0.251	4.480	17.0	8.010	150.6	5.28	15.51	16.70	15.96	15.87	17.02	17.83	17.47	16.36	S-M	Nov. 29 2004 b_r2G150P080q05x13_0.r00(1)
0.309	4.736	18.5	8.019	150.6	5.31	15.55	16.73	16.11	16.04	16.95	17.66	17.29	16.35	S-M	Nov. 29 2004 b_r2G150P080q05x24_0.r00(0)
0.358	4.800	18.5	8.016	150.6	5.31	15.53	16.68	16.16	16.02	16.80	17.56	17.28	16.41	S-M	Nov. 29 2004 b_r2G150P080q05x24_0.r00(1)
0.405	4.961	18.5	8.013	150.1	5.31	15.52	16.65	16.23	16.10	16.75	17.38	17.09	16.37	S-M	Nov. 29 2004 b_r2G150P080q05x35_0.r00(0)
0.454	4.641	18.5	8.008	150.1	5.31	15.50	16.71	16.30	16.27	16.71	17.37	17.11	16.49	S-M	Nov. 29 2004 b_r2G150P080q05x35_0.r00(1)
0.504	4.500	18.5	8.003	150.1	5.31	15.48	16.72	16.30	16.30	16.96	17.16	17.09	16.53	S-M	Nov. 29 2004 b_r2G150P080q05x35_0.r00(2)
0.547	4.795	18.0	8.021	151.8	5.30	15.55	16.72	16.43	16.49	16.76	17.18	17.00	16.49	S-M	Nov. 30 2004 b_r2G150P080q05x50_0.r00(0)
0.596	4.786	18.0	8.014	151.8	5.30	15.53	16.69	16.44	16.45	16.73	17.14	16.98	16.45	S-M	Nov. 30 2004 b_r2G150P080q05x50_0.r00(1)
0.646	5.086	18.0	8.019	149.1	5.30	15.55	16.65	16.46	16.46	16.71	17.00	16.85	16.44	A	Nov. 30 2004 b_r2G150P080q05x56_0.r00(0)
0.698	5.416	17.0	8.023	150.1	5.28	15.56	16.60	16.49	16.48	16.66	16.86	16.78	16.36	A	Nov. 29 2004 b_r2G150P080q05x60_0.r00(0)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.745	5.530	18.0	8.003	149.1	5.30	15.48	16.50	16.30	16.35	16.56	16.73	16.66	16.40	A	Nov. 30 2004 b_r2G150P080q05x56_0.r00(2)
0.796	5.565	17.0	8.006	150.1	5.28	15.49	16.50	16.31	16.38	16.56	16.65	16.67	16.46	A	Nov. 29 2004 b_r2G150P080q05x60_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 10 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.061	3.204	15.0	7.995	150.8	10.55	15.45	18.86	19.61	18.51	19.21	19.42	18.80	17.64	S-D	Dec. 10 2004 b_r2G150P080q10x00_2.r00(0)
0.100	2.936	17.0	8.012	149.6	10.57	15.51	19.24	20.51	19.00	19.34	19.48	18.92	18.20	S-D	Dec. 2 2004 b_r2G150P080q10x00_1.r00(0)
0.132	4.253	17.0	8.044	150.1	10.56	15.66	18.27	17.54	18.24	18.89	19.17	18.51	17.25	S-D to S-M	Dec. 10 2004 b_r2G150P080q10x00_5.r00(0)
0.158	4.768	15.0	7.995	150.8	10.55	15.44	17.60	16.34	17.01	18.68	19.35	18.53	16.78	S-D to S-M	Dec. 10 2004 b_r2G150P080q10x00_2.r00(1)
0.199	5.346	16.0	8.032	150.6	10.55	15.60	17.53	16.34	16.62	18.56	19.28	18.48	16.92	S-D to S-M	Dec. 10 2004 b_r2G150P080q10x00_4.r00(1)
0.251	5.637	17.0	8.009	150.8	10.56	15.50	17.38	16.37	16.17	18.15	19.02	18.39	16.93	S-M	Dec. 10 2004 b_r2G150P080q10x02_0.r00(1)
0.322	5.601	16.5	8.007	151.1	10.56	15.50	17.45	16.54	16.35	17.78	18.94	18.39	17.03	S-M	Dec. 1 2004 b_r2G150P080q10x10_0.r00(1)
0.403	5.933	18.0	8.010	149.8	10.58	15.51	17.41	16.69	16.54	17.47	18.58	18.18	17.04	S-M	Dec. 2 2004 b_r2G150P080q10x17_0.r00(1)
0.483	6.113	17.0	8.007	150.1	10.56	15.49	17.37	16.70	16.70	17.22	18.42	18.07	16.98	S-M	Dec. 1 2004 b_r2G150P080q10x25_0.r00(1)
0.523	6.072	18.5	8.009	149.6	10.59	15.51	17.42	16.79	16.82	17.15	18.37	18.03	17.09	S-M	Dec. 2 2004 b_r2G150P080q10x30_0.r00(1)
0.609	6.349	18.5	8.003	150.1	10.59	15.48	17.27	16.81	16.81	16.89	18.08	17.94	17.09	S-M	Dec. 2 2004 b_r2G150P080q10x37_0.r00(1)
0.636	6.805	17.0	8.012	150.6	10.56	15.52	17.24	16.74	16.76	17.00	17.92	17.78	16.98	S-M	Dec. 1 2004 b_r2G150P080q10x40_0.r00(1)
0.708	7.171	18.5	7.995	150.1	10.59	15.44	17.05	16.79	16.68	16.81	17.36	17.63	17.01	A	Dec. 2 2004 b_r2G150P080q10x37_0.r00(2)
0.734	8.115	17.0	8.004	150.6	10.56	15.48	16.91	16.75	16.74	16.96	16.83	17.27	16.90	A to A-M	Dec. 1 2004 b_r2G150P080q10x40_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 10 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.777	8.726	16.0	8.001	150.6	10.55	15.47	16.80	16.79	16.75	16.93	16.75	16.72	16.87	A to A-M	Dec. 1 2004 b_r2G150P080q10x45.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.141	4.074	14.5	8.008	150.1	15.98	15.50	19.61	21.34	20.23	19.55	19.63	19.03	17.90	S-D	Dec. 8 2004 b_r2G150P080q15x00_0.r00(0)
0.188	4.298	16.0	8.020	150.6	16.00	15.55	19.46	20.84	20.50	19.28	19.46	18.89	17.82	S-D	Dec. 8 2004 b_r2G150P080q15x00_1.r00(0)
0.250	6.386	16.0	8.032	151.1	16.00	15.60	18.30	17.45	18.81	18.52	19.36	18.63	17.04	S-D to S-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x05_0.r00(0)
0.289	6.833	14.5	8.006	150.1	15.98	15.49	18.02	16.91	17.73	17.50	19.57	18.98	17.44	S-D to S-M	Dec. 8 2004 b_r2G150P080q15x00_0.r00(1)
0.356	7.647	17.0	8.011	150.3	16.02	15.51	17.80	17.08	17.15	17.66	19.06	18.58	17.29	S-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x16_0.r00(0)
0.397	7.681	17.0	8.013	150.3	16.02	15.52	17.80	17.14	17.13	17.57	19.05	18.56	17.35	S-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x20_0.r00(0)
0.443	7.699	17.0	8.013	151.1	16.02	15.52	17.79	17.21	17.11	17.58	18.94	18.54	17.38	S-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x25_0.r00(0)
0.490	7.976	17.0	8.022	152.5	16.02	15.56	17.76	17.27	17.20	17.54	18.78	18.48	17.31	S-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x30_0.r00(0)
0.545	9.588	17.0	8.007	150.3	16.02	15.49	17.36	17.25	17.13	17.07	17.48	17.62	17.58	A to A-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x20_0.r00(1)
0.590	10.431	17.0	8.006	151.1	16.02	15.49	17.22	17.27	17.02	17.07	17.03	17.41	17.50	A to A-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x25_0.r00(1)
0.636	10.847	17.0	8.015	152.5	16.02	15.53	17.20	17.18	17.04	17.01	17.06	17.41	17.48	A to A-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x30_0.r00(1)
0.694	12.414	17.0	7.998	150.3	16.02	15.46	16.94	16.97	16.93	16.94	16.85	16.85	17.08	A to A-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x20_0.r00(2)
0.738	12.374	17.0	7.997	151.1	16.02	15.45	16.94	17.07	16.93	16.94	16.87	16.80	17.01	A-M	Dec. 9 2004 b_r2G150P080q15x25_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 20 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.205	3.209	17.5	8.013	150.1	20.79	15.52	21.04	23.61	22.61	19.73	19.86	19.39	28.29	S-D to S-M	Dec. 3 2004 b_r2G150P080q20x00_0.r00(0)
0.240	4.021	18.5	8.018	149.8	20.80	15.54	21.00	23.56	22.92	19.44	19.75	19.33	20.79	S-D to S-M	Dec. 3 2004 b_r2G150P080q20x00_1.r00(0)
0.282	5.874	19.0	8.026	150.3	20.81	15.58	19.37	19.83	20.97	18.45	19.60	19.27	18.08	S-D to S-M	Dec. 3 2004 b_r2G150P080q20x01_0.r00(0)
0.333	8.080	17.5	8.023	152.3	20.78	15.57	18.39	17.52	18.15	18.14	19.46	19.20	17.87	S-D to S-M	Dec. 6 2004 b_r2G150P080q20x07_0.r00(0)
0.397	8.546	17.5	8.009	150.1	20.79	15.50	18.18	17.36	17.20	17.40	19.86	19.38	17.90	S-M	Dec. 3 2004 b_r2G150P080q20x00_0.r00(1)
0.453	8.783	17.0	8.012	149.8	20.77	15.52	18.13	17.50	17.31	17.46	19.75	19.12	17.63	S-M	Dec. 6 2004 b_r2G150P080q20x00_3.r00(1)
0.508	9.165	20.0	8.030	150.8	20.82	15.59	18.12	17.43	17.51	17.53	19.10	19.21	17.92	S-M	Dec. 3 2004 b_r2G150P080q20x05_0.r00(1)
0.561	9.235	17.5	8.010	151.5	20.78	15.51	18.01	17.51	17.40	17.43	19.11	18.98	17.63	S-M	Dec. 6 2004 b_r2G150P080q20x11_0.r00(1)
0.668	12.477	19.0	8.012	150.3	20.81	15.52	17.43	17.47	17.46	17.34	17.25	17.57	17.51	A to A-M	Dec. 3 2004 b_r2G150P080q20x01_0.r00(2)
0.701	14.052	20.0	8.021	150.8	20.82	15.56	17.29	17.37	17.34	17.25	17.14	17.17	17.45	A to A-M	Dec. 3 2004 b_r2G150P080q20x05_0.r00(2)
0.753	14.682	17.5	8.001	151.5	20.78	15.47	17.13	17.25	17.19	17.05	17.05	17.01	17.26	A-M	Dec. 6 2004 b_r2G150P080q20x11_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.046	2.435	15.0	7.996	199.4	5.25	15.45	17.67	16.11	17.25	18.56	18.90	18.46	16.73	S-D to S-M	Dec. 13 2004 b_r2G200P080q05x00_0.r00(0)
0.085	3.856	12.5	8.001	200.4	5.21	15.47	16.88	16.02	16.30	17.57	18.06	17.28	16.07	S-M	Jan. 7 2005 b_r2G200P080q05x04_0.r00(0)
0.147	4.237	12.5	8.009	200.4	5.21	15.50	16.79	16.09	16.09	17.17	17.73	17.32	16.37	S-M	Jan. 7 2005 b_r2G200P080q05x10_1.r00(0)
0.195	4.518	12.5	8.010	199.9	5.21	15.51	16.73	16.13	16.07	17.00	17.57	17.23	16.35	S-M	Jan. 7 2005 b_r2G200P080q05x16_0.r00(0)
0.240	4.935	16.0	7.999	200.4	5.27	15.46	16.54	16.00	15.89	16.87	17.33	17.08	16.39	S-M	Dec. 13 2004 b_r2G200P080q05x15_0.r00(1)
0.325	4.803	16.0	8.039	200.9	5.27	15.63	16.79	16.41	16.38	16.80	17.39	17.17	16.62	S-M	Dec. 13 2004 b_r2G200P080q05x25_0.r00(1)
0.413	4.915	15.0	8.007	202.4	5.25	15.50	16.63	16.37	16.44	16.67	16.99	16.85	16.46	S-M	Dec. 14 2004 b_r2G200P080q05x30_0.r00(2)
0.445	5.348	17.0	8.034	200.4	5.29	15.61	16.66	16.34	16.38	16.67	17.09	16.95	16.54	S-M	Dec. 13 2004 b_r2G200P080q05x35_0.r00(1)
0.506	5.255	16.5	8.007	201.2	5.28	15.49	16.56	16.36	16.37	16.54	16.88	16.78	16.43	A	Dec. 14 2004 b_r2G200P080q05x40_0.r00(2)
0.542	5.812	16.5	8.060	200.2	5.28	15.73	16.70	16.59	16.54	16.74	16.94	16.85	16.54	A	Dec. 14 2004 b_r2G200P080q05x50_0.r00(0)
0.606	6.230	16.5	8.053	199.9	5.28	15.69	16.60	16.50	16.54	16.67	16.82	16.76	16.34	A	Dec. 13 2004 b_r2G200P080q05x55_0.r00(0)
0.677	6.206	16.5	8.039	198.9	5.28	15.63	16.52	16.42	16.43	16.69	16.64	16.64	16.46	A	Dec. 14 2004 b_r2G200P080q05x60_0.r00(1)
0.773	7.285	16.5	8.042	200.4	5.28	15.65	16.43	16.46	16.40	16.49	16.47	16.50	16.31	A	Dec. 14 2004 b_r2G200P080q05x70_0.r00(0)
0.810	7.538	16.5	8.026	200.4	5.28	15.58	16.33	16.30	16.31	16.39	16.35	16.41	16.28	A	Dec. 14 2004 b_r2G200P080q05x70_0.r00(1)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 10 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.044	4.406	13.5	8.009	200.4	10.61	15.50	18.03	17.00	17.53	19.04	19.17	18.56	16.92	S-D to S-M	Dec. 27 2004 b_r2G200P080q10x00.3.r00(0)
0.093	5.178	12.5	8.005	200.9	10.61	15.49	17.46	16.29	16.53	18.68	19.27	18.45	16.76	S-D to S-M	Dec. 27 2004 b_r2G200P080q10x00.2.r00(1)
0.148	5.650	14.0	7.994	199.4	10.61	15.44	17.29	16.36	16.25	18.22	18.87	18.19	16.78	S-D to S-M	Dec. 27 2004 b_r2G200P080q10x00.4.r00(1)
0.193	6.275	14.0	8.011	200.9	10.60	15.51	17.32	16.56	16.47	17.69	18.44	17.91	16.90	S-M	Dec. 27 2004 b_r2G200P080q10x10.0.r00(0)
0.245	6.024	14.0	8.011	201.7	10.60	15.51	17.33	16.60	16.49	17.78	18.59	18.05	16.89	S-M	Dec. 27 2004 b_r2G200P080q10x07.0.r00(1)
0.305	6.139	13.5	8.013	200.2	10.60	15.52	17.36	16.84	16.76	17.39	18.28	17.90	17.08	S-M	Dec. 24 2004 b_r2G200P080q10x21.1.r00(0)
0.358	6.410	16.0	8.008	202.9	10.64	15.50	17.35	16.65	16.66	17.46	18.27	17.80	16.88	S-M	Dec. 21 2004 b_r2G200P080q10x19.0.r00(1)
0.409	6.485	14.0	8.026	199.7	10.61	15.58	17.33	16.91	16.92	17.33	18.05	17.77	17.07	S-M	Dec. 24 2004 b_r2G200P080q10x31.1.r00(0)
0.483	6.943	14.0	8.018	199.7	10.61	15.54	17.17	16.64	16.65	17.36	18.04	17.73	16.77	A	Dec. 24 2004 b_r2G200P080q10x31.1.r00(1)
0.551	6.911	15.0	8.022	200.2	10.62	15.56	17.21	16.89	16.90	17.21	17.73	17.58	17.03	A	Dec. 24 2004 b_r2G200P080q10x45.1.r00(0)
0.627	7.240	15.0	8.036	200.4	10.62	15.62	17.21	16.93	16.93	17.21	17.62	17.55	17.05	A	Dec. 24 2004 b_r2G200P080q10x53.1.r00(0)
0.700	7.963	15.0	8.022	200.4	10.62	15.56	16.99	16.66	16.68	17.20	17.46	17.37	16.75	A	Dec. 24 2004 b_r2G200P080q10x53.1.r00(1)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.066	4.695	11.5	8.014	199.9	15.87	15.53	19.08	19.65	18.92	19.56	19.54	19.02	17.88		Jan. 6 2005 b_r2G200P080q15x00.2.r00(0)
0.068	5.373	15.5	8.016	202.4	15.93	15.54	18.68	18.55	17.87	19.44	19.56	18.96	17.75	S-D to S-M	Dec. 15 2004 b_r2G200P080q15x00.0.r00(0)
0.099	6.123	15.5	8.016	200.4	15.91	15.53	18.32	17.14	17.30	19.28	19.47	19.01	17.75	S-D to S-M	Dec. 15 2004 b_r2G200P080q15x00.1.r00(0)
0.140	6.900	12.5	8.012	200.2	15.86	15.52	17.99	16.89	16.94	18.76	19.16	18.73	17.54	S-D to S-M	Jan. 6 2005 b_r2G200P080q15x00.5.r00(0)
0.209	7.239	15.5	8.012	200.4	15.91	15.52	17.97	16.94	16.65	18.19	19.51	18.74	17.41	S-M	Dec. 15 2004 b_r2G200P080q15x00.1.r00(1)
0.305	7.213	16.5	8.017	200.2	15.92	15.54	17.93	17.30	17.18	17.73	19.00	18.66	17.76	S-M	Dec. 16 2004 b_r2G200P080q15x15.0.r00(0)
0.350	7.394	17.0	8.024	201.4	15.93	15.57	17.91	17.32	17.23	17.79	18.80	18.64	17.70	S-M	Dec. 15 2004 b_r2G200P080q15x20.0.r00(0)
0.408	7.506	17.0	8.029	200.7	15.93	15.59	17.90	17.32	17.28	17.69	18.78	18.57	17.79	S-M	Dec. 16 2004 b_r2G200P080q15x25.0.r00(0)
0.467	7.591	17.0	8.034	199.7	15.93	15.61	17.89	17.38	17.32	17.69	18.69	18.54	17.78	S-M	Dec. 16 2004 b_r2G200P080q15x31.0.r00(0)
0.518	7.937	17.0	8.019	200.7	15.93	15.55	17.78	17.33	17.13	17.58	18.26	18.46	17.72	A	Dec. 16 2004 b_r2G200P080q15x25.0.r00(1)
0.577	8.129	17.0	8.037	199.7	15.93	15.62	17.77	17.35	17.28	17.58	18.44	18.37	17.62	A	Dec. 16 2004 b_r2G200P080q15x43.0.r00(0)
0.643	8.740	17.0	8.023	200.4	15.93	15.57	17.64	17.25	17.12	17.28	18.01	18.26	17.56	A	Dec. 16 2004 b_r2G200P080q15x38.0.r00(1)
0.688	10.097	17.0	8.022	199.7	15.93	15.56	17.33	17.29	17.14	17.16	17.41	17.44	17.52	A to A-M	Dec. 16 2004 b_r2G200P080q15x43.0.r00(1)
0.754	12.627	17.0	8.006	200.4	15.93	15.49	16.94	17.07	16.92	16.94	16.95	16.79	16.99	A to A-M	Dec. 16 2004 b_r2G200P080q15x38.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.799	13.298	17.0	8.003	199.7	15.93	15.48	16.87	16.95	16.84	16.90	16.80	16.73	16.99	A to A-M	Dec. 16 2004 b_r2G200P080q15x43.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 25 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	\overline{T}_{wo}	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.208	9.537	16.0	8.060	200.7	26.21	15.72	18.79	17.78	17.85	19.17	19.90	19.66	18.36	S-M	Dec. 17 2004 b_r2G200P080q25x00_1.r00(0)
0.273	9.532	17.5	8.038	201.9	26.24	15.63	18.69	17.89	17.75	18.70	19.80	19.63	18.41	S-M	Dec. 17 2004 b_r2G200P080q25x02_0.r00(0)
0.308	9.682	17.5	8.032	200.7	26.24	15.60	18.62	17.90	17.79	18.33	19.71	19.59	18.44	S-M	Dec. 17 2004 b_r2G200P080q25x06_0.r00(0)
0.349	9.971	17.5	8.033	201.2	26.24	15.61	18.55	17.91	17.83	18.06	19.55	19.54	18.44	S-M	Dec. 17 2004 b_r2G200P080q25x10_0.r00(0)
0.389	10.246	16.0	8.044	200.7	26.21	15.66	18.64	17.57	17.49	18.12	20.03	19.48	18.48	S-M	Dec. 17 2004 b_r2G200P080q25x00_1.r00(1)
0.453	10.592	17.5	8.028	201.9	26.24	15.58	18.47	17.63	17.58	17.90	19.83	19.43	17.88	S-M	Dec. 17 2004 b_r2G200P080q25x02_0.r00(1)
0.518	10.668	17.0	8.021	200.4	26.23	15.56	18.44	17.79	17.65	17.78	19.13	19.46	18.16	S-M	Dec. 20 2004 b_r2G200P080q25x08_0.r00(1)
0.549	14.108	17.5	8.034	201.4	26.24	15.61	17.75	17.76	17.68	17.80	17.68	17.89	17.91	A to A-M	Dec. 20 2004 b_r2G200P080q25x12_0.r00(1)
0.659	16.631	17.5	8.013	199.7	26.24	15.52	17.41	17.63	17.49	17.30	17.27	17.24	17.54	A to A-M	Dec. 20 2004 b_r2G200P080q25x04_0.r00(2)
0.731	17.370	17.5	8.017	201.4	26.24	15.54	17.36	17.54	17.42	17.29	17.23	17.21	17.48	A-M	Dec. 20 2004 b_r2G200P080q25x12_0.r00(2)
0.783	16.492	17.0	8.010	199.7	26.23	15.51	17.41	17.66	17.54	17.31	17.27	17.20	17.49	A-M	Dec. 20 2004 b_r2G200P080q25x16_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 300 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.053	3.550	20.5	8.104	300.4	5.34	15.91	17.48	16.78	17.00	17.95	18.27	17.87	17.02	S-M	Apr. 8 2005 b_r2G300P080q05x02.0.r00(0)
0.103	3.930	20.5	8.096	300.4	5.34	15.88	17.30	16.54	16.83	17.51	18.05	17.82	17.04	S-M	Apr. 8 2005 b_r2G300P080q05x02.0.r00(2)
0.143	4.059	20.5	8.104	300.1	5.33	15.91	17.29	16.64	16.87	17.42	17.96	17.73	17.13	S-M	Apr. 8 2005 b_r2G300P080q05x06.0.r00(2)
0.217	4.123	9.5	8.003	301.6	5.16	15.48	16.80	16.46	16.40	16.81	17.16	17.11	16.82	S-M	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x17.0.r00(1)
0.264	4.155	9.5	8.042	299.9	5.16	15.64	16.93	16.81	16.71	16.97	17.18	17.13	16.88	A	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x24.0.r00(0)
0.313	4.294	9.5	8.015	299.9	5.16	15.53	16.79	16.57	16.55	16.77	17.06	16.97	16.84	A	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x24.0.r00(2)
0.359	4.960	11.0	8.040	300.9	5.19	15.64	16.74	16.54	16.51	16.78	16.94	16.93	16.77	A	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x31.0.r00(1)
0.396	4.919	11.5	8.059	299.4	5.19	15.72	16.83	16.78	16.71	16.85	16.95	16.94	16.80	A	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x37.0.r00(0)
0.445	5.026	11.5	8.018	299.4	5.19	15.54	16.64	16.49	16.46	16.68	16.78	16.71	16.72	A	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x37.0.r00(2)
0.512	5.633	11.5	8.019	301.1	5.20	15.55	16.53	16.42	16.37	16.58	16.63	16.57	16.62	A	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x44.0.r00(2)
0.558	6.138	12.0	8.052	300.4	5.20	15.69	16.58	16.48	16.46	16.72	16.64	16.67	16.63	A	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x51.0.r00(1)
0.604	6.089	11.5	8.082	299.6	5.20	15.82	16.72	16.76	16.68	16.76	16.74	16.75	16.70	A	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x58.0.r00(0)
0.653	6.665	11.5	8.018	299.6	5.20	15.54	16.38	16.33	16.13	16.48	16.45	16.42	16.49	A	Jan. 21 2005 b_r2G300P080q05x58.0.r00(2)

HCFC22, $P \approx 0.8\text{MPa}$, $G \approx 300 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \approx 10 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.048	4.367	9.5	8.015	300.1	10.53	15.53	18.05	16.99	17.53	18.87	19.06	18.55	17.40	S-M	Jan. 11 2005 b_r2G300P080q10x00_1.r00(0)
0.097	5.059	9.5	8.011	300.1	10.53	15.51	17.60	16.64	16.62	18.33	18.96	18.48	17.28	S-M	Jan. 11 2005 b_r2G300P080q10x00_1.r00(1)
0.158	5.497	9.5	8.013	302.4	10.53	15.52	17.49	16.66	16.66	17.97	18.55	18.27	17.28	S-M	Jan. 11 2005 b_r2G300P080q10x05_0.r00(1)
0.212	5.683	12.0	8.022	301.1	10.57	15.56	17.51	16.77	16.78	17.75	18.37	18.19	17.42	S-M	Jan. 24 2005 b_r2G300P080q10x10_0.r00(1)
0.309	6.046	11.0	8.005	303.6	10.56	15.49	17.36	16.81	16.56	17.55	18.14	17.89	17.20	S-M	Jan. 11 2005 b_r2G300P080q10x15_0.r00(2)
0.359	6.208	12.5	8.015	300.6	10.58	15.53	17.36	16.82	16.86	17.40	18.00	17.82	17.26	S-M	Jan. 24 2005 b_r2G300P080q10x20_0.r00(2)
0.414	6.699	10.5	8.006	301.4	10.55	15.49	17.19	16.74	16.62	17.33	17.76	17.60	17.10	S-M	Jan. 11 2005 b_r2G300P080q10x25_0.r00(2)
0.500	6.693	10.0	8.042	300.1	10.54	15.65	17.36	17.05	17.00	17.31	17.71	17.71	17.31	A	Jan. 12 2005 b_r2G300P080q10x38_0.r00(1)
0.590	7.648	10.5	8.040	299.6	10.55	15.64	17.13	16.84	16.84	17.24	17.37	17.41	17.16	A	Jan. 12 2005 b_r2G300P080q10x48_0.r00(1)
0.655	8.073	12.5	8.023	300.4	10.58	15.56	17.00	16.74	16.81	17.06	17.21	17.18	17.00	A	Jan. 24 2005 b_r2G300P080q10x50_0.r00(2)
0.703	8.783	12.5	8.062	300.4	10.58	15.73	17.04	16.83	16.82	17.21	17.20	17.27	17.05	A	Jan. 24 2005 b_r2G300P080q10x60_0.r00(1)
0.753	8.668	12.5	8.026	300.4	10.58	15.58	16.92	16.71	16.83	16.98	17.07	16.99	16.95	A	Jan. 24 2005 b_r2G300P080q10x60_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 300 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.081	6.262	10.0	8.024	299.6	15.82	15.57	18.27	17.30	17.53	19.06	19.23	18.86	17.73	S-D to S-M	Jan. 13 2005 b_r2G300P080q15x00_1.r00(0)
0.154	6.806	10.0	8.018	299.6	15.82	15.54	17.98	17.09	16.95	18.46	19.29	18.87	17.69	S-M	Jan. 13 2005 b_r2G300P080q15x00_1.r00(1)
0.206	7.447	10.5	8.036	300.4	15.83	15.62	17.92	17.37	17.22	17.88	18.82	18.58	17.73	S-M	Jan. 13 2005 b_r2G300P080q15x11_0.r00(0)
0.245	7.162	10.5	8.022	299.9	15.83	15.56	17.94	17.13	16.99	18.10	19.02	18.69	17.82	S-M	Jan. 13 2005 b_r2G300P080q15x08_0.r00(1)
0.313	7.899	11.0	8.042	301.9	15.84	15.64	17.82	17.38	17.22	17.78	18.57	18.38	17.70	S-M	Jan. 13 2005 b_r2G300P080q15x22_0.r00(0)
0.375	7.509	11.5	8.034	302.6	15.84	15.61	17.92	17.27	17.13	17.90	18.75	18.59	17.82	S-M	Jan. 14 2005 b_r2G300P080q15x21_0.r00(1)
0.426	8.122	11.0	8.041	299.1	15.84	15.64	17.76	17.11	17.01	17.90	18.57	18.37	17.72	A	Jan. 13 2005 b_r2G300P080q15x25_0.r00(1)
0.488	8.713	11.0	8.072	300.1	15.84	15.78	17.77	17.44	17.32	17.74	18.29	18.23	17.68	A	Jan. 13 2005 b_r2G300P080q15x39_0.r00(0)
0.561	8.628	11.0	8.046	300.1	15.84	15.66	17.64	17.10	17.05	17.95	18.26	18.19	17.58	A	Jan. 13 2005 b_r2G300P080q15x39_0.r00(1)
0.668	8.428	12.0	8.048	299.6	15.85	15.67	17.69	17.30	17.23	18.01	18.06	18.12	17.73	A	Jan. 14 2005 b_r2G300P080q15x50_0.r00(1)
0.710	8.158	12.0	8.013	299.9	15.85	15.52	17.65	17.27	17.41	17.90	17.94	17.86	17.55	A	Jan. 14 2005 b_r2G300P080q15x46_0.r00(2)
0.742	8.152	12.0	8.009	299.6	15.85	15.51	17.64	17.27	17.40	17.91	17.91	17.82	17.54	A	Jan. 14 2005 b_r2G300P080q15x50_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 300 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 20 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.118	7.945	11.5	8.033	300.1	21.12	15.61	18.50	17.53	17.57	19.21	19.54	19.20	18.05	S-M	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x00_1.r00(0)
0.215	8.758	11.5	8.025	300.1	21.12	15.57	18.21	17.33	17.25	18.39	19.62	19.07	17.78	S-M	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x00_1.r00(1)
0.251	8.954	12.0	8.048	301.1	21.13	15.67	18.27	17.62	17.55	18.26	19.19	19.02	18.07	S-M	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x12_0.r00(0)
0.301	9.186	12.0	8.063	300.1	21.13	15.74	18.28	17.64	17.62	18.28	19.13	18.98	18.09	S-M	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x16_0.r00(0)
0.349	9.481	12.0	8.034	301.1	21.13	15.61	18.11	17.36	17.31	18.05	19.18	18.89	17.77	S-M	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x12_0.r00(1)
0.399	9.794	12.0	8.046	300.1	21.13	15.66	18.08	17.40	17.31	18.08	19.04	18.79	17.83	S-M	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x16_0.r00(1)
0.438	9.862	12.5	8.091	299.9	21.14	15.86	18.24	17.71	17.67	18.26	18.95	18.86	18.06	S-M	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x31_0.r00(0)
0.488	9.826	12.5	8.083	300.9	21.14	15.82	18.22	17.70	17.69	18.26	18.87	18.79	18.05	A	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x36_0.r00(0)
0.591	10.332	11.5	8.096	299.9	21.12	15.88	18.16	17.68	17.67	18.23	18.74	18.72	18.01	A	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x46_0.r00(0)
0.689	11.386	11.5	8.064	299.9	21.12	15.74	17.85	17.34	17.29	17.84	18.49	18.42	17.71	A	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x46_0.r00(1)
0.729	15.199	11.5	8.031	300.9	21.12	15.60	17.24	17.25	17.17	17.60	17.16	16.93	17.33	A to A-M	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x40_0.r00(2)
0.788	17.504	11.5	8.025	299.9	21.12	15.57	17.04	17.20	17.05	17.08	16.94	16.78	17.16	A to A-M	Jan. 17 2005 b_r2G300P080q20x46_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 0.8\text{MPa}$, $G \simeq 300 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 25 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}[0]}$	$T_{\text{wo}[1]}$	$T_{\text{wo}[2]}$	$T_{\text{wo}[3]}$	$T_{\text{wo}[4]}$	$T_{\text{wo}[5]}$	Flow pattern	Run day File name
0.114	8.762	11.0	8.029	300.9	26.31	15.59	18.91	17.89	17.85	19.63	19.96	19.68	18.43	S-M	Jan. 18 2005 b_r2G300P080q25x00_0.r00(0)
0.159	9.121	11.5	8.032	300.6	26.31	15.61	18.80	17.91	17.84	19.29	19.86	19.54	18.38	S-M	Jan. 18 2005 b_r2G300P080q25x00_1.r00(0)
0.194	9.593	11.5	8.051	301.1	26.32	15.69	18.75	17.93	17.84	18.98	19.79	19.53	18.39	S-M	Jan. 18 2005 b_r2G300P080q25x03_0.r00(0)
0.291	9.498	11.0	8.056	299.9	26.31	15.70	18.79	18.23	18.17	18.72	19.65	19.46	18.50	S-M	Jan. 20 2005 b_r2G300P080q25x13_0.r00(0)
0.359	9.936	11.0	8.078	300.4	26.31	15.80	18.76	18.28	18.22	18.68	19.51	19.39	18.50	S-M	Jan. 20 2005 b_r2G300P080q25x20_0.r00(0)
0.426	10.249	11.0	8.087	300.4	26.31	15.84	18.72	18.27	18.19	18.67	19.41	19.30	18.48	S-M	Jan. 20 2005 b_r2G300P080q25x26_0.r00(0)
0.488	10.334	11.0	8.087	299.9	26.31	15.84	18.70	18.29	18.20	18.67	19.33	19.26	18.45	A	Jan. 20 2005 b_r2G300P080q25x33_0.r00(0)
0.548	10.925	11.0	8.060	300.4	26.31	15.73	18.45	18.08	17.70	17.85	19.26	19.29	18.52	A	Jan. 20 2005 b_r2G300P080q25x26_0.r00(1)
0.610	11.006	11.0	8.058	299.9	26.31	15.71	18.42	18.06	17.70	17.85	19.16	19.23	18.52	A	Jan. 20 2005 b_r2G300P080q25x33_0.r00(1)
0.701	19.207	12.0	8.016	300.1	26.32	15.53	17.22	17.43	17.20	17.13	17.07	17.09	17.40	A-M	Jan. 18 2005 b_r2G300P080q25x28_0.r00(2)
0.797	18.998	12.5	8.024	299.9	26.33	15.57	17.27	17.51	17.25	17.19	17.15	17.11	17.42	A-M	Jan. 18 2005 b_r2G300P080q25x39_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.193	2.824	21.0	11.021	100.5	5.21	27.02	28.93	29.65	28.52	29.10	29.50	28.71	28.10	S-D	Apr. 26 2004 b_r2G100P110q05x10.0.r00(0)
0.261	3.243	18.5	10.973	101.0	5.17	26.86	28.43	29.15	28.15	28.94	29.20	28.15	27.50	S-D	Apr. 27 2004 b_r2G100P110q05x10.1.r00(1)
0.293	3.307	21.5	11.020	101.4	5.22	27.02	28.85	29.20	28.99	28.76	29.09	28.18	27.75	S-D	Apr. 26 2004 b_r2G100P110q05x20.0.r00(0)
0.357	3.614	19.0	10.991	100.7	5.18	26.92	28.36	28.78	28.98	28.71	28.91	27.92	27.21	S-D	Apr. 27 2004 b_r2G100P110q05x20.1.r00(1)
0.414	3.675	21.5	11.033	100.7	5.22	27.07	28.53	28.82	29.14	28.63	29.02	28.26	27.40	S-D	Apr. 26 2004 b_r2G100P110q05x25.1.r00(1)
0.450	4.778	19.0	10.986	100.2	5.18	26.91	28.00	27.81	28.31	28.33	28.78	27.91	27.17	S-D to S-M	Apr. 27 2004 b_r2G100P110q05x30.1.r00(1)
0.492	6.318	21.0	11.037	100.7	5.21	27.08	27.89	27.20	27.88	28.34	28.87	28.18	27.32	S-D to S-M	Apr. 26 2004 b_r2G100P110q05x35.2.r00(1)
0.554	8.138	21.0	11.046	100.0	5.21	27.11	27.82	27.12	27.41	28.15	28.71	28.14	27.34	S-M	Apr. 26 2004 b_r2G100P110q05x40.0.r00(1)
0.609	9.195	21.0	11.065	100.2	5.21	27.17	27.87	27.22	27.29	28.04	28.70	28.17	27.40	S-M	Apr. 26 2004 b_r2G100P110q05x45.1.r00(1)
0.663	9.612	21.0	11.080	99.0	5.21	27.23	27.92	27.30	27.30	27.97	28.73	28.21	27.48	S-M	Apr. 26 2004 b_r2G100P110q05x50.0.r00(1)
0.709	10.106	21.0	11.092	99.5	5.20	27.27	27.93	27.37	27.36	27.94	28.66	28.22	27.52	S-M	Apr. 26 2004 b_r2G100P110q05x55.1.r00(1)
0.787	10.147	21.0	11.091	99.5	5.20	27.26	27.84	27.35	27.34	27.85	28.63	28.28	27.58	S-M	Apr. 26 2004 b_r2G100P110q05x55.1.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 7.5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.194	2.563	33.5	11.003	101.4	8.05	26.96	30.18	31.84	29.79	29.81	30.07	29.38	30.30	S-D	Jul. 30 2004 b_r2G100P110q07x02.2.r00(0)
0.239	2.829	34.0	10.996	101.0	8.06	26.94	29.88	31.19	29.69	29.59	29.92	29.00	29.90	S-D	Jul. 30 2004 b_r2G100P110q07x07.0.r00(0)
0.314	2.898	33.0	10.995	100.5	8.04	26.94	29.87	31.26	30.32	29.49	30.14	29.12	28.52	S-D	Jul. 28 2004 b_r2G100P110q07x02.0.r00(1)
0.370	2.830	34.0	11.003	100.5	8.05	26.96	30.01	31.51	31.10	29.40	30.03	28.97	28.44	S-D	Jul. 28 2004 b_r2G100P110q07x08.0.r00(1)
0.404	2.807	34.0	11.005	99.5	8.05	26.97	30.06	31.63	31.41	29.33	29.92	28.89	28.43	S-D	Jul. 28 2004 b_r2G100P110q07x11.0.r00(1)
0.437	2.845	34.5	11.002	100.5	8.06	26.96	29.89	31.94	31.17	29.25	29.62	28.77	28.59	S-D	Jul. 30 2004 b_r2G100P110q07x28.0.r00(0)
0.499	3.295	34.5	10.994	100.5	8.06	26.93	29.56	30.34	31.06	29.11	29.66	28.78	27.91	S-D to S-M	Jul. 30 2004 b_r2G100P110q07x22.0.r00(1)
0.563	3.687	35.0	11.006	100.0	8.07	26.98	29.26	29.96	30.75	29.10	29.44	28.59	27.72	S-D to S-M	Jul. 28 2004 b_r2G100P110q07x39.0.r00(0)
0.610	4.481	35.0	10.999	98.5	8.07	26.95	28.85	28.47	29.96	28.95	29.42	28.63	27.65	S-D to S-M	Jul. 28 2004 b_r2G100P110q07x42.0.r00(0)
0.651	5.342	35.0	11.004	100.0	8.07	26.97	28.57	27.63	28.54	28.79	29.59	29.01	27.88	S-D to S-M	Jul. 30 2004 b_r2G100P110q07x25.0.r00(2)
0.718	6.349	34.5	10.999	100.0	8.06	26.95	28.31	27.67	27.64	28.46	29.43	28.89	27.81	S-M	Jul. 30 2004 b_r2G100P110q07x31.0.r00(2)
0.770	6.653	34.5	11.002	100.2	8.06	26.96	28.27	27.45	27.61	28.30	29.38	28.97	27.92	S-M	Jul. 28 2004 b_r2G100P110q07x36.0.r00(2)
0.802	7.077	35.0	11.001	100.0	8.07	26.96	28.19	27.58	27.58	28.01	29.19	28.90	27.91	S-M	Jul. 28 2004 b_r2G100P110q07x39.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 10 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.184	2.903	25.0	10.945	100.5	10.34	26.76	30.56	33.36	30.50	29.70	29.83	29.41	29.90	S-D	May. 31 2004 b_r2G100P110q10x00_1.r00(0)
0.260	3.348	24.5	10.921	99.5	10.33	26.68	29.89	32.47	30.09	29.18	29.50	28.34	29.78	S-D	May. 31 2004 b_r2G100P110q10x05_0.r00(0)
0.328	3.393	25.5	11.066	100.0	10.34	27.18	30.35	33.00	31.39	29.47	29.89	28.92	29.43	S-D	May. 25 2004 b_r2G100P110q10x12_0.r00(0)
0.376	3.060	24.5	10.996	100.7	10.33	26.94	30.65	33.02	32.43	29.43	29.79	29.01	28.97	S-D	May. 25 2004 b_r2G100P110q10x02_0.r00(1)
0.434	2.945	25.0	11.008	98.5	10.34	26.98	30.84	33.32	32.91	29.48	29.82	29.05	29.09	S-D	May. 25 2004 b_r2G100P110q10x07_0.r00(1)
0.480	3.189	25.5	11.065	100.0	10.34	27.18	30.72	32.91	32.81	29.67	29.89	29.18	28.78	S-D	May. 25 2004 b_r2G100P110q10x12_0.r00(1)
0.526	3.388	26.0	11.020	100.0	10.35	27.02	30.35	32.10	32.71	29.48	29.72	28.99	28.22	S-D	May. 25 2004 b_r2G100P110q10x17_0.r00(1)
0.572	4.065	26.5	11.032	99.2	10.36	27.06	29.80	30.28	32.15	29.42	29.71	28.96	27.89	S-D to S-M	May. 25 2004 b_r2G100P110q10x22_0.r00(1)
0.610	4.671	25.0	10.993	101.9	10.34	26.93	29.26	29.83	30.95	28.71	29.57	28.80	27.76	S-D to S-M	May. 31 2004 b_r2G100P110q10x12_1.r00(2)
0.680	6.655	26.0	11.019	100.0	10.35	27.02	28.69	27.82	29.05	28.89	29.57	29.03	27.82	S-D to S-M	May. 25 2004 b_r2G100P110q10x17_0.r00(2)
0.727	8.358	26.5	11.031	99.2	10.36	27.06	28.42	27.66	27.85	28.60	29.53	29.04	27.85	S-M	May. 25 2004 b_r2G100P110q10x22_0.r00(2)
0.799	9.520	24.5	10.946	99.7	10.33	26.77	27.98	27.37	27.86	27.74	28.93	28.47	27.50	S-M	May. 31 2004 b_r2G100P110q10x30_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 12.5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.291	3.134	33.0	11.007	101.2	13.40	26.98	31.41	35.09	32.75	30.13	30.22	29.50	30.79	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x01_1.r00(0)
0.329	2.913	33.0	11.007	99.5	13.40	26.98	31.74	35.65	33.61	30.28	30.25	29.54	31.11	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x04_1.r00(0)
0.353	2.914	33.0	11.007	100.5	13.41	26.98	31.74	35.76	33.67	30.13	30.20	29.53	31.15	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x07_1.r00(0)
0.382	2.848	34.0	11.009	101.0	13.42	26.98	31.86	36.01	34.07	30.11	30.19	29.53	31.22	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x10_1.r00(0)
0.403	2.873	34.0	11.012	101.2	13.42	26.99	31.83	35.89	34.22	30.03	30.17	29.46	31.18	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x13_1.r00(0)
0.443	2.850	34.0	11.014	100.7	13.42	27.00	31.87	36.12	34.59	29.91	30.09	29.43	31.08	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x16_1.r00(0)
0.469	2.901	34.0	11.008	101.4	13.39	26.98	31.76	35.96	34.65	29.86	30.00	29.32	30.75	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x19_0.r00(0)
0.486	2.848	33.0	11.005	101.2	13.40	26.97	32.20	35.60	35.34	30.08	30.29	29.64	30.09	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x01_1.r00(1)
0.527	2.820	33.0	11.005	99.5	13.40	26.97	32.23	35.61	35.60	30.17	30.33	29.66	29.93	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x04_1.r00(1)
0.549	2.911	33.0	11.005	100.5	13.41	26.97	32.05	35.19	35.69	30.22	30.27	29.61	29.45	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x07_1.r00(1)
0.578	3.136	34.0	11.007	101.0	13.42	26.98	31.65	34.24	35.27	30.28	30.29	29.56	28.86	S-D	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x10_1.r00(1)
0.682	3.517	33.0	11.002	101.2	13.40	26.96	30.93	32.76	34.04	30.44	30.28	29.64	28.45	S-D to S-M	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x01_1.r00(2)
0.727	4.502	33.0	11.003	99.5	13.40	26.96	30.09	29.50	32.59	30.34	30.29	29.62	28.26	S-D to S-M	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x04_1.r00(2)
0.747	6.113	33.0	11.003	100.5	13.41	26.96	29.31	28.20	29.86	29.87	30.17	29.58	28.22	S-D to S-M	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x07_1.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 12.5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.775	7.609	34.0	11.004	101.0	13.42	26.97	28.89	27.99	28.70	28.80	30.06	29.57	28.23	S-D to S-M	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x10.1.r00(2)
0.795	8.363	34.0	11.007	101.2	13.42	26.98	28.74	28.14	28.25	28.43	29.86	29.54	28.24	S-D to S-M	Aug. 3 2004 b_r2G100P110q12x13.1.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 100 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.204	3.051	23.5	10.985	99.5	15.87	26.90	32.30	37.27	32.76	30.14	30.09	29.81	33.71	S-D	May. 24 2004 b_r2G100P110q15x00.4.r00(0)
0.249	2.887	19.5	11.031	102.2	15.79	27.06	32.72	37.96	33.76	30.27	30.16	29.89	34.27	S-D	Apr. 28 2004 b_r2G100P110q15x00.2.r00(0)
0.295	2.798	24.5	11.049	99.5	15.86	27.12	32.98	38.43	34.56	30.35	30.21	29.94	34.40	S-D	May. 24 2004 b_r2G100P110q15x00.6.r00(0)
0.345	3.039	25.0	11.015	99.2	15.87	27.00	32.42	37.53	34.90	30.25	30.09	29.48	32.25	S-D	May. 24 2004 b_r2G100P110q15x02.1.r00(0)
0.411	3.049	17.0	10.958	101.4	15.77	26.81	32.52	36.93	35.72	30.44	29.87	29.35	30.73	S-D	Apr. 28 2004 b_r2G100P110q15x00.0.r00(1)
0.450	2.918	18.0	10.982	101.4	15.78	26.89	32.84	37.40	36.56	30.73	29.95	29.43	30.86	S-D	Apr. 28 2004 b_r2G100P110q15x00.1.r00(1)
0.520	2.864	20.5	11.039	100.7	15.80	27.09	33.11	37.62	37.42	31.26	30.05	29.55	30.86	S-D	Apr. 28 2004 b_r2G100P110q15x00.3.r00(1)
0.581	2.925	25.0	11.014	99.2	15.87	27.00	32.88	37.12	37.59	31.33	30.13	29.54	29.99	S-D	May. 24 2004 b_r2G100P110q15x02.1.r00(1)
0.642	2.954	17.0	10.943	101.4	15.77	26.76	32.28	37.17	36.91	30.66	29.93	29.32	29.73	S-D	Apr. 28 2004 b_r2G100P110q15x00.0.r00(2)
0.706	4.179	19.5	11.029	102.2	15.79	27.05	31.02	32.70	34.84	30.88	30.05	29.42	28.24	S-D to S-M	Apr. 28 2004 b_r2G100P110q15x00.2.r00(2)
0.753	5.721	20.5	11.038	100.7	15.80	27.08	30.03	29.29	32.87	30.46	30.01	29.43	28.15	S-D to S-M	Apr. 28 2004 b_r2G100P110q15x00.3.r00(2)
0.806	7.694	20.5	11.024	100.0	15.80	27.04	29.28	28.11	30.24	29.84	29.94	29.43	28.11	S-D to S-M	Apr. 28 2004 b_r2G100P110q15x02.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 125\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5\text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.297	4.162	32.5	11.013	125.8	5.35	27.00	28.31	27.71	28.39	28.51	29.32	28.67	27.48	S-D to S-M	Aug. 26 2004 b_r2G125P110q05x15_0.r00(1)
0.337	4.879	33.0	11.004	126.2	5.36	26.97	28.13	27.40	27.96	28.47	29.03	28.44	27.47	S-D to S-M	Aug. 26 2004 b_r2G125P110q05x25_0.r00(0)
0.399	5.275	33.0	11.003	126.2	5.36	26.96	27.99	27.25	27.75	28.29	29.00	28.47	27.49	S-M	Aug. 26 2004 b_r2G125P110q05x25_0.r00(1)
0.452	5.836	33.0	11.006	124.5	5.36	26.97	27.96	27.43	27.40	28.16	28.84	28.38	27.51	S-M	Aug. 26 2004 b_r2G125P110q05x35_0.r00(0)
0.544	6.533	33.5	11.012	124.8	5.36	27.00	27.88	27.39	27.34	27.99	28.68	28.32	27.55	S-M	Aug. 26 2004 b_r2G125P110q05x45_0.r00(0)
0.636	6.685	33.0	11.006	125.0	5.36	26.98	27.84	27.50	27.40	27.77	28.49	28.26	27.61	S-M	Aug. 26 2004 b_r2G125P110q05x55_0.r00(0)
0.713	6.034	32.5	10.997	125.0	5.35	26.94	27.89	27.51	27.51	27.92	28.61	28.16	27.66	S-M	Aug. 25 2004 b_r2G125P110q05x50_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 125\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 10\text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.204	4.434	33.0	11.004	126.5	10.72	26.97	29.51	30.71	29.71	29.67	29.96	29.07	27.95	S-D	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x01.0.r00(0)
0.241	3.972	33.0	11.002	126.0	10.72	26.96	29.79	31.17	30.63	29.76	29.92	29.05	28.21	S-D	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x06.0.r00(0)
0.283	3.753	32.5	10.998	126.0	10.71	26.95	29.93	31.60	31.10	29.60	29.88	29.06	28.35	S-D	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x11.0.r00(0)
0.353	3.850	32.0	11.008	124.8	10.71	26.98	29.89	31.54	31.40	29.41	29.79	29.00	28.21	S-D to S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x19.0.r00(0)
0.408	4.801	32.5	10.996	126.0	10.71	26.94	29.29	28.71	30.06	29.36	29.99	29.43	28.25	S-D to S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x11.0.r00(1)
0.454	4.922	33.0	11.000	126.5	10.72	26.95	29.26	28.39	29.85	29.33	30.08	29.58	28.34	S-D to S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x01.0.r00(2)
0.492	5.996	33.0	10.998	126.0	10.72	26.95	28.86	27.80	28.37	29.09	30.03	29.52	28.38	S-D to S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x06.0.r00(2)
0.535	6.617	32.5	10.994	126.0	10.71	26.93	28.68	27.85	27.81	28.75	29.87	29.47	28.33	S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x11.0.r00(2)
0.570	7.088	32.0	11.008	125.8	10.71	26.98	28.63	27.81	28.10	28.57	29.67	29.30	28.25	S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x27.0.r00(1)
0.631	7.467	32.0	11.016	124.5	10.71	27.01	28.61	27.81	28.09	28.35	29.65	29.26	28.25	S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x32.0.r00(1)
0.680	7.594	32.0	11.004	125.5	10.71	26.97	28.57	27.86	28.03	28.19	29.51	29.19	28.25	S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x37.0.r00(1)
0.758	7.526	32.0	11.012	124.5	10.71	26.99	28.54	27.87	27.72	28.35	29.59	29.39	28.35	S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x32.0.r00(2)
0.807	7.367	32.0	11.000	125.5	10.71	26.95	28.53	28.01	27.87	28.27	29.46	29.22	28.38	S-M	Aug. 17 2004 b_r2G125P110q10x37.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 125 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 12.5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.213	3.562	33.0	11.004	125.5	13.40	26.97	30.89	33.83	32.09	30.21	30.22	29.62	29.37	S-D	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x00_3.r00(0)
0.261	3.721	33.5	10.992	126.2	13.41	26.92	30.69	33.45	32.03	30.03	30.13	29.32	29.19	S-D	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x04_1.r00(0)
0.312	3.672	34.0	11.016	124.8	13.42	27.01	30.82	34.10	32.49	29.81	30.06	29.28	29.19	S-D	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x09_0.r00(0)
0.369	3.484	31.0	11.006	125.0	13.37	26.97	31.22	33.61	33.53	29.74	30.26	29.74	28.95	S-D	Jul. 12 2004 b_r2G125P110q12x00_1.r00(1)
0.417	4.398	33.5	10.990	126.2	13.41	26.92	30.25	31.41	31.35	29.56	30.22	29.72	28.51	S-D to S-M	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x04_1.r00(1)
0.471	5.840	34.0	11.013	124.8	13.42	27.00	29.45	28.61	30.62	29.49	30.13	29.60	28.30	S-D to S-M	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x09_0.r00(1)
0.495	7.068	32.0	11.021	124.8	13.39	27.02	29.08	28.23	30.43	29.23	29.81	28.89	27.88	S-D to S-M	Jul. 12 2004 b_r2G125P110q12x28_0.r00(0)
0.534	7.637	34.5	11.010	126.2	13.43	26.99	28.84	28.04	27.89	29.26	30.09	29.68	28.47	S-D to S-M	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x16_1.r00(1)
0.584	8.004	34.5	11.016	125.8	13.43	27.01	28.80	28.08	28.02	29.09	29.92	29.55	28.42	S-M	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x21_0.r00(1)
0.647	8.509	35.0	11.017	125.3	13.44	27.01	28.74	28.01	28.00	28.80	29.84	29.50	28.35	S-M	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x26_0.r00(1)
0.705	8.697	32.0	10.996	125.0	13.39	26.94	28.64	28.02	27.91	28.31	29.88	29.47	28.25	S-M	Jul. 12 2004 b_r2G125P110q12x16_0.r00(2)
0.742	10.037	34.5	11.012	125.8	13.43	27.00	28.49	28.13	27.99	28.01	28.95	29.46	28.42	A to A-M	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x21_0.r00(2)
0.806	12.372	35.0	11.012	125.3	13.44	27.00	28.24	28.09	27.94	27.96	28.16	29.00	28.31	A to A-M	Aug. 6 2004 b_r2G125P110q12x26_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 125 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.200	3.428	31.5	11.003	126.0	16.07	26.96	31.85	36.12	32.91	30.44	30.37	29.97	31.25	S-D	Aug. 19 2004 b_r2G125P110q15x00.0.r00(0)
0.251	3.508	33.0	11.002	125.5	16.09	26.96	31.74	35.88	33.68	30.42	30.34	29.82	30.30	S-D	Aug. 27 2004 b_r2G125P110q15x00.3.r00(0)
0.305	3.517	34.0	11.012	125.0	16.10	26.99	31.77	35.96	33.84	30.13	30.32	29.87	30.47	S-D	Aug. 27 2004 b_r2G125P110q15x03.0.r00(0)
0.361	3.493	31.5	11.004	125.0	16.06	26.97	31.76	36.13	34.37	29.99	30.19	29.72	30.14	S-D	Aug. 19 2004 b_r2G125P110q15x10.0.r00(0)
0.401	3.806	32.5	10.997	125.8	16.08	26.94	31.61	35.54	32.91	30.15	30.42	29.95	29.20	S-D to S-M	Aug. 27 2004 b_r2G125P110q15x00.2.r00(1)
0.440	4.163	33.0	11.000	125.5	16.09	26.95	31.20	34.10	32.84	30.08	30.41	29.92	28.71	S-D to S-M	Aug. 27 2004 b_r2G125P110q15x00.3.r00(1)
0.495	6.158	34.0	11.009	125.0	16.10	26.99	29.75	28.96	31.09	30.00	30.37	29.85	28.49	S-D to S-M	Aug. 27 2004 b_r2G125P110q15x03.0.r00(1)
0.529	8.052	34.5	11.003	125.8	16.11	26.96	29.01	28.07	28.63	29.90	30.20	29.73	28.40	S-D to S-M	Aug. 27 2004 b_r2G125P110q15x07.0.r00(1)
0.571	8.067	34.5	10.996	126.5	16.11	26.94	29.00	28.14	28.48	29.78	30.18	29.74	28.46	S-M	Aug. 27 2004 b_r2G125P110q15x12.0.r00(1)
0.609	7.751	31.5	10.999	125.5	16.07	26.95	29.21	28.40	28.17	29.32	30.43	29.99	28.97	S-M	Aug. 19 2004 b_r2G125P110q15x00.1.r00(2)
0.663	7.666	31.5	10.998	125.0	16.07	26.95	29.23	28.36	28.25	29.40	30.42	29.99	28.98	S-M	Aug. 19 2004 b_r2G125P110q15x01.0.r00(2)
0.704	7.961	31.5	10.988	123.5	16.07	26.91	29.12	28.42	28.21	28.99	30.29	29.89	28.94	S-M	Aug. 19 2004 b_r2G125P110q15x05.0.r00(2)
0.741	8.265	31.5	10.997	125.0	16.06	26.94	29.08	28.54	28.21	28.72	30.13	29.92	28.96	S-M	Aug. 19 2004 b_r2G125P110q15x10.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 125 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 17.5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}[0]}$	$T_{\text{wo}[1]}$	$T_{\text{wo}[2]}$	$T_{\text{wo}[3]}$	$T_{\text{wo}[4]}$	$T_{\text{wo}[5]}$	Flow pattern	Run day File name
0.224	3.433	33.0	11.000	125.0	18.78	26.95	32.65	37.92	34.34	30.74	30.55	30.15	32.19	S-D	Jul. 27 2004 b_r2G125P110q17x00_3.r00(0)
0.272	3.436	33.0	11.007	125.3	18.77	26.98	32.67	38.08	35.20	30.63	30.41	30.05	31.63	S-D	Jul. 27 2004 b_r2G125P110q17x00_4.r00(0)
0.303	3.472	33.5	11.007	125.0	18.78	26.98	32.61	37.94	35.42	30.54	30.37	30.05	31.34	S-D	Jul. 26 2004 b_r2G125P110q17x00_2.r00(0)
0.362	3.435	34.5	11.012	124.5	18.80	26.99	32.69	38.32	35.85	30.08	30.36	30.02	31.51	S-D	Jul. 27 2004 b_r2G125P110q17x04_0.r00(0)
0.399	3.542	34.0	11.006	125.0	18.78	26.97	32.50	37.87	36.05	30.05	30.30	29.98	30.73	S-D	Jul. 26 2004 b_r2G125P110q17x08_0.r00(0)
0.445	3.723	33.0	10.997	125.0	18.78	26.94	32.71	36.13	37.05	29.79	30.71	30.25	29.34	S-D to S-M	Jul. 27 2004 b_r2G125P110q17x00_3.r00(1)
0.493	4.992	33.0	11.005	125.3	18.77	26.97	31.21	31.72	34.85	29.73	30.57	30.13	28.74	S-D to S-M	Jul. 27 2004 b_r2G125P110q17x00_4.r00(1)
0.559	9.271	33.5	11.011	124.3	18.78	26.99	29.17	28.27	28.42	29.59	30.43	30.07	28.69	S-M	Jul. 27 2004 b_r2G125P110q17x02_1.r00(1)
0.602	9.496	34.0	11.012	125.3	18.79	26.99	29.15	28.35	28.18	29.45	30.41	30.08	28.72	S-M	Jul. 27 2004 b_r2G125P110q17x07_0.r00(1)
0.668	8.889	33.0	10.993	125.0	18.78	26.93	29.27	28.55	28.37	29.32	30.64	30.12	28.62	S-M	Jul. 27 2004 b_r2G125P110q17x00_3.r00(2)
0.715	9.268	33.0	11.001	125.3	18.77	26.96	29.20	28.51	28.36	29.15	30.52	30.08	28.62	S-M	Jul. 27 2004 b_r2G125P110q17x00_4.r00(2)
0.747	9.184	33.5	11.000	125.0	18.78	26.95	29.22	28.51	28.47	29.16	30.50	30.09	28.61	S-M	Jul. 26 2004 b_r2G125P110q17x00_2.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 150\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5\text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.197	4.581	32.0	10.997	150.3	5.34	26.94	28.17	27.39	27.53	28.71	29.24	28.71	27.45	S-D to S-M	Aug. 23 2004 b_r2G150P110q05x12.1.r00(0)
0.249	4.890	32.0	10.995	150.3	5.34	26.94	28.00	27.27	27.33	28.54	29.17	28.69	27.57	S-D to S-M	Aug. 23 2004 b_r2G150P110q05x12.1.r00(1)
0.295	4.715	30.5	10.998	150.3	5.32	26.95	28.14	27.36	27.43	28.55	29.16	28.72	27.60	S-M	Aug. 20 2004 b_r2G150P110q05x12.0.r00(2)
0.345	4.449	32.0	11.004	149.6	5.34	26.97	28.23	27.45	27.55	28.59	29.26	28.80	27.75	S-M	Aug. 24 2004 b_r2G150P110q05x16.0.r00(2)
0.400	5.182	30.5	11.002	150.1	5.32	26.96	28.00	27.48	27.40	28.28	28.92	28.54	27.69	S-M	Aug. 20 2004 b_r2G150P110q05x28.0.r00(1)
0.452	4.807	30.5	10.999	150.1	5.32	26.95	28.12	27.49	27.54	28.39	28.98	28.58	27.72	S-M	Aug. 20 2004 b_r2G150P110q05x28.0.r00(2)
0.498	5.022	32.0	11.010	149.8	5.34	26.99	28.11	27.60	27.60	28.26	28.89	28.56	27.78	S-M	Aug. 24 2004 b_r2G150P110q05x32.0.r00(2)
0.536	5.053	31.0	10.995	150.8	5.33	26.94	28.05	27.43	27.57	28.29	28.82	28.48	27.74	S-M	Aug. 20 2004 b_r2G150P110q05x36.0.r00(2)
0.589	5.310	32.0	11.009	149.1	5.34	26.98	28.05	27.58	27.62	28.17	28.77	28.43	27.77	S-M	Aug. 24 2004 b_r2G150P110q05x40.0.r00(2)
0.643	5.620	32.0	11.009	150.3	5.34	26.98	28.00	27.63	27.85	27.90	28.59	28.31	27.70	S-M	Aug. 20 2004 b_r2G150P110q05x52.0.r00(1)
0.702	6.191	32.0	11.013	150.1	5.34	27.00	27.92	27.69	27.65	27.98	28.41	28.16	27.64	A	Aug. 20 2004 b_r2G150P110q05x62.0.r00(0)
0.749	6.268	31.0	10.999	149.8	5.33	26.95	27.84	27.58	27.60	27.97	28.35	28.11	27.57	A	Aug. 23 2004 b_r2G150P110q05x62.1.r00(1)
0.801	6.322	31.0	10.993	149.8	5.33	26.93	27.83	27.58	27.52	27.84	28.20	28.15	27.73	A	Aug. 23 2004 b_r2G150P110q05x62.1.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, $q \simeq 10 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.186	5.462	30.0	11.026	150.6	10.59	27.04	29.11	28.88	29.01	29.59	29.97	29.25	27.95	S-D to S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x04_0.r00(0)
0.258	5.675	30.5	10.909	148.6	10.60	26.64	28.64	28.06	29.15	28.93	29.43	28.76	27.50	S-D to S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x10_0.r00(0)
0.302	6.553	31.0	10.931	149.3	10.61	26.72	28.46	27.63	28.39	28.84	29.47	28.82	27.63	S-D to S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x16_0.r00(0)
0.363	7.268	30.5	10.907	148.6	10.60	26.63	28.13	27.31	27.11	28.67	29.44	28.98	27.82	S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x10_0.r00(1)
0.407	6.984	31.0	10.929	149.3	10.61	26.71	28.29	27.52	27.27	28.70	29.53	29.10	28.02	S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x16_0.r00(1)
0.468	7.065	30.5	10.904	148.6	10.60	26.62	28.25	27.45	27.38	28.53	29.42	28.94	27.78	S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x10_0.r00(2)
0.512	6.868	31.0	10.925	149.3	10.61	26.70	28.37	27.66	27.50	28.63	29.48	29.03	27.90	S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x16_0.r00(2)
0.569	7.016	31.0	11.056	149.1	10.60	27.14	28.78	28.06	27.97	29.00	29.87	29.46	28.33	S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x22_0.r00(2)
0.600	7.303	31.5	11.005	148.6	10.61	26.97	28.50	27.89	27.77	28.81	29.45	29.15	28.22	S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x34_0.r00(1)
0.637	7.148	31.5	10.993	149.1	10.61	26.93	28.51	27.86	27.83	28.73	29.44	29.13	28.26	S-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x40_0.r00(1)
0.704	7.672	31.5	10.991	148.3	10.61	26.92	28.40	27.84	27.79	28.59	29.24	28.99	28.15	A	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x46_0.r00(1)
0.810	9.328	31.5	10.985	148.3	10.61	26.90	28.17	27.68	27.75	28.24	28.47	28.79	28.07	A to A-M	Jun. 30 2004 b_r2G150P110q10x46_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 150\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 12.5\text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.208	4.944	33.0	11.008	149.3	13.41	26.98	29.85	30.77	30.33	29.85	30.09	29.58	28.50	S-D	Aug. 4 2004 b_r2G150P110q12x01_0.r00(0)
0.242	4.886	33.0	11.009	150.1	13.40	26.98	29.89	30.79	30.97	29.77	30.07	29.42	28.31	S-D	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x05_0.r00(0)
0.286	5.354	33.0	11.010	150.8	13.40	26.99	29.65	30.08	30.61	29.56	30.02	29.40	28.24	S-D to S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x10_1.r00(0)
0.331	6.313	32.0	11.008	151.1	13.39	26.98	29.27	28.06	30.04	29.23	30.19	29.71	28.32	S-D to S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x01_1.r00(1)
0.350	6.918	33.0	11.024	148.8	13.40	27.04	29.13	28.28	29.68	29.20	29.87	29.46	28.30	S-D to S-M	Aug. 4 2004 b_r2G150P110q12x16_0.r00(0)
0.372	7.725	34.0	11.022	151.1	13.42	27.03	28.93	28.09	28.94	29.08	29.93	29.35	28.15	S-D to S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x19_0.r00(0)
0.417	8.159	33.0	11.007	150.8	13.40	26.98	28.76	28.04	27.79	28.90	30.05	29.59	28.32	S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x10_1.r00(1)
0.479	8.650	34.0	11.016	150.3	13.42	27.01	28.72	28.14	28.00	28.81	29.80	29.33	28.23	S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x29_0.r00(0)
0.508	8.682	34.0	11.020	149.6	13.42	27.02	28.73	28.19	28.04	28.78	29.78	29.33	28.23	S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x32_0.r00(0)
0.572	8.342	33.5	11.010	150.6	13.41	26.99	28.78	28.16	28.04	28.62	29.88	29.51	28.33	S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x26_0.r00(1)
0.611	8.237	34.0	11.011	150.3	13.42	26.99	28.82	28.21	28.10	28.61	29.86	29.52	28.39	S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x29_0.r00(1)
0.640	8.165	34.0	11.015	149.6	13.42	27.00	28.85	28.25	28.35	28.62	29.77	29.48	28.37	S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x32_0.r00(1)
0.704	8.031	33.5	11.004	150.6	13.41	26.97	28.80	28.13	28.36	28.76	29.74	29.50	28.31	S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x26_0.r00(2)
0.743	7.789	34.0	11.005	150.3	13.42	26.97	28.85	28.26	28.44	28.84	29.74	29.51	28.35	S-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x29_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 12.5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.773	9.042	34.0	11.008	149.6	13.42	26.98	28.62	28.30	28.40	28.69	28.81	29.23	28.34	A to A-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x32.0.r00(2)
0.799	15.017	34.5	11.005	150.8	13.43	26.97	28.02	28.07	27.97	28.06	27.94	27.99	28.13	A to A-M	Aug. 5 2004 b_r2G150P110q12x35.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.199	4.205	30.0	10.957	147.6	16.04	26.81	30.82	33.83	32.20	30.13	30.10	29.69	28.93	S-D	Jul. 1 2004 b_r2G150P110q15x00_0.r00(0)
0.246	4.599	28.5	10.989	149.8	16.02	26.92	30.78	33.12	31.94	29.87	30.21	29.67	28.74	S-D	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x02_1.r00(0)
0.301	4.906	29.0	11.006	150.3	16.03	26.98	30.43	32.28	32.11	29.75	30.19	29.74	28.53	S-D to S-M	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x08_0.r00(0)
0.363	6.469	30.0	11.011	149.8	16.04	26.99	29.66	29.46	30.95	29.39	30.11	29.69	28.38	S-D to S-M	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x14_0.r00(0)
0.400	7.896	30.0	11.017	148.3	16.04	27.01	29.23	28.38	29.78	29.24	30.03	29.64	28.34	S-D to S-M	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x17_0.r00(0)
0.458	8.460	29.0	11.003	150.3	16.03	26.96	28.99	28.23	27.90	29.34	30.26	29.89	28.67	S-M	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x08_0.r00(1)
0.490	8.625	29.5	10.980	150.1	16.03	26.89	28.87	28.04	27.82	29.27	30.11	29.77	28.61	S-M	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x11_0.r00(1)
0.521	8.511	30.0	11.007	149.8	16.04	26.98	28.99	28.17	27.99	29.36	30.21	29.86	28.73	S-M	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x14_0.r00(1)
0.560	8.787	30.0	11.012	148.3	16.04	27.00	28.95	28.15	27.98	29.34	30.11	29.81	28.68	S-M	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x17_0.r00(1)
0.616	8.597	29.0	10.998	150.3	16.03	26.95	29.00	28.18	28.22	29.12	30.23	29.79	28.48	S-M	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x08_0.r00(2)
0.649	8.377	29.5	10.975	150.1	16.03	26.87	28.97	28.33	28.18	29.03	30.15	29.73	28.44	S-M	Jul. 5 2004 b_r2G150P110q15x11_0.r00(2)
0.709	9.372	31.0	10.980	149.1	16.06	26.89	28.79	28.13	28.10	28.74	29.89	29.60	28.28	A to A-M	Jul. 1 2004 b_r2G150P110q15x16_0.r00(2)
0.750	17.645	31.0	11.002	148.8	16.06	26.96	28.06	28.13	28.04	28.03	28.00	28.01	28.17	A-M	Jul. 1 2004 b_r2G150P110q15x20_0.r00(2)
0.781	18.158	31.5	11.024	150.3	16.06	27.03	28.11	28.27	28.11	28.09	28.04	28.02	28.15	A-M	Jul. 1 2004 b_r2G150P110q15x24_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.817	18.491	31.5	11.010	150.6	16.06	26.99	28.05	28.18	27.99	28.02	27.96	28.01	28.14	A-M	Jul. 1 2004 b_r2G150P110q15x28.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 17.5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.209	4.301	33.0	11.003	149.6	18.69	26.96	31.54	35.12	33.26	30.54	30.47	30.12	29.69	S-D	Aug. 9 2004 b_r2G150P110q17x00_0.r00(0)
0.248	4.347	34.0	11.012	151.3	18.70	26.99	31.52	35.13	33.62	30.41	30.40	30.05	29.51	S-D	Aug. 11 2004 b_r2G150P110q17x00_3.r00(0)
0.303	4.646	35.0	11.020	149.3	18.72	27.02	31.28	34.55	33.70	30.03	30.29	29.92	29.15	S-D	Aug. 11 2004 b_r2G150P110q17x04_0.r00(0)
0.348	5.102	35.0	11.003	148.1	18.72	26.96	30.86	33.53	33.23	29.64	30.17	29.85	28.71	S-D	Aug. 11 2004 b_r2G150P110q17x08_0.r00(0)
0.398	8.135	33.5	11.010	150.8	18.69	26.99	29.52	28.27	30.13	29.45	30.49	30.07	28.67	S-D to S-M	Aug. 11 2004 b_r2G150P110q17x00_2.r00(1)
0.465	9.550	34.5	11.015	149.6	18.71	27.01	29.13	28.25	28.18	29.47	30.44	30.07	28.71	S-M	Aug. 11 2004 b_r2G150P110q17x02_1.r00(1)
0.506	9.371	34.5	11.009	148.8	18.71	26.98	29.13	28.35	28.29	29.55	30.32	29.99	28.71	S-M	Aug. 9 2004 b_r2G150P110q17x06_0.r00(1)
0.548	9.310	33.0	11.010	148.3	18.68	26.99	29.13	28.36	28.37	29.67	30.27	29.98	28.68	S-M	Aug. 9 2004 b_r2G150P110q17x10_0.r00(1)
0.609	8.798	33.0	10.995	150.6	18.68	26.94	29.28	28.54	28.44	29.65	30.49	30.01	28.59	S-M	Aug. 9 2004 b_r2G150P110q17x00_1.r00(2)
0.651	8.843	34.5	11.010	149.6	18.71	26.99	29.32	28.58	28.47	29.59	30.55	30.09	28.70	S-M	Aug. 11 2004 b_r2G150P110q17x02_1.r00(2)
0.693	9.092	34.5	11.004	148.8	18.71	26.97	29.25	28.52	28.70	29.29	30.31	30.03	28.65	S-M	Aug. 9 2004 b_r2G150P110q17x06_0.r00(2)
0.750	12.933	35.0	11.012	149.3	18.72	27.00	28.66	28.48	28.28	28.44	28.54	29.61	28.65	A to A-M	Aug. 11 2004 b_r2G150P110q17x12_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 150\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 20\text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.207	4.260	29.0	10.968	149.6	21.40	26.84	32.13	37.01	34.23	30.64	30.54	30.15	30.18	S-D	Jul. 8 2004 b_r2G150P110q20x00.3.r00(0)
0.250	4.164	29.0	11.011	149.1	21.39	26.99	32.39	37.25	35.03	30.69	30.59	30.23	30.52	S-D	Jul. 8 2004 b_r2G150P110q20x00.4.r00(0)
0.296	4.106	29.0	11.013	149.8	21.40	27.00	32.47	37.61	35.62	30.55	30.48	30.19	30.35	S-D	Jul. 8 2004 b_r2G150P110q20x00.5.r00(0)
0.362	4.695	32.0	11.014	149.3	21.44	27.00	31.83	35.96	35.23	29.92	30.38	30.04	29.42	S-D to S-M	Jul. 7 2004 b_r2G150P110q20x06.0.r00(0)
0.393	6.636	29.5	11.008	150.1	21.40	26.98	30.46	31.15	32.98	29.64	30.33	30.04	28.63	S-D to S-M	Jul. 8 2004 b_r2G150P110q20x10.0.r00(0)
0.462	10.138	29.0	11.007	149.1	21.39	26.98	29.26	28.38	28.09	29.77	30.49	30.32	29.02	S-M	Jul. 8 2004 b_r2G150P110q20x00.4.r00(1)
0.506	10.047	29.0	11.009	149.8	21.40	26.98	29.28	28.40	28.17	29.81	30.47	30.30	29.07	S-M	Jul. 8 2004 b_r2G150P110q20x00.5.r00(1)
0.548	10.216	29.5	11.012	149.6	21.40	27.00	29.25	28.37	28.18	29.85	30.41	30.24	29.04	S-M	Jul. 8 2004 b_r2G150P110q20x04.0.r00(1)
0.598	10.252	32.0	11.019	149.8	21.44	27.02	29.27	28.38	28.46	29.84	30.22	30.21	29.09	S-M	Jul. 7 2004 b_r2G150P110q20x09.0.r00(1)
0.642	8.887	31.0	11.006	149.6	21.43	26.97	29.64	28.88	29.00	29.86	30.71	30.37	29.04	S-M	Jul. 7 2004 b_r2G150P110q20x00.1.r00(2)
0.690	9.139	31.5	11.000	149.3	21.43	26.95	29.55	28.84	28.96	29.68	30.61	30.27	28.95	S-M	Jul. 7 2004 b_r2G150P110q20x00.2.r00(2)
0.760	11.823	29.5	11.006	149.6	21.40	26.97	29.04	28.51	28.48	29.01	29.41	29.99	28.85	A to A-M	Jul. 8 2004 b_r2G150P110q20x04.0.r00(2)
0.787	18.603	32.0	11.003	149.3	21.44	26.96	28.37	28.68	28.30	28.27	28.20	28.28	28.51	A-M	Jul. 7 2004 b_r2G150P110q20x06.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 150 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 22.5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.205	4.235	29.5	11.007	150.3	24.10	26.98	32.96	39.06	35.54	30.90	30.70	30.37	31.17	S-D	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x00.0.r00(0)
0.237	4.216	30.0	11.019	150.1	24.10	27.02	33.03	39.12	35.96	30.79	30.62	30.32	31.34	S-D	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x00.2.r00(0)
0.263	4.073	30.5	11.032	150.6	24.10	27.06	33.27	39.72	36.67	30.84	30.63	30.36	31.40	S-D	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x00.3.r00(0)
0.297	4.032	31.0	11.011	150.3	24.11	26.99	33.26	39.71	37.13	30.61	30.55	30.32	31.25	S-D	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x00.4.r00(0)
0.358	4.431	31.5	11.033	149.8	24.10	27.06	32.80	38.71	36.93	30.26	30.51	30.20	30.15	S-D	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x02.0.r00(0)
0.441	10.556	29.5	11.003	150.3	24.10	26.96	29.42	28.53	28.35	30.10	30.66	30.47	29.11	S-M	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x00.0.r00(1)
0.499	10.918	30.5	11.028	150.6	24.10	27.05	29.43	28.60	28.34	30.13	30.62	30.46	29.12	S-M	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x00.3.r00(1)
0.565	10.816	31.0	11.021	149.8	24.10	27.02	29.44	28.59	28.43	30.02	30.60	30.45	29.15	S-M	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x00.5.r00(1)
0.600	11.109	32.0	10.988	149.8	24.10	26.91	29.27	28.46	28.29	29.85	30.35	30.25	29.03	S-M	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x04.0.r00(1)
0.679	11.168	29.5	10.998	150.3	24.10	26.95	29.35	28.95	28.75	29.57	29.59	30.45	29.04	S-M	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x00.0.r00(2)
0.771	11.342	31.0	11.001	150.3	24.11	26.96	29.46	29.07	28.84	29.56	30.72	28.93	29.10	S-M	Jul. 6 2004 b_r2G150P110q22x00.4.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}[0]}$	$T_{\text{wo}[1]}$	$T_{\text{wo}[2]}$	$T_{\text{wo}[3]}$	$T_{\text{wo}[4]}$	$T_{\text{wo}[5]}$	Flow pattern	Run day File name
0.181	5.441	16.0	11.019	199.2	5.15	27.02	28.11	27.37	27.41	28.42	28.88	28.42	27.66	S-M	Apr. 5 2004 b_r2G200P110q05x15.0.r00(0)
0.258	5.811	16.0	11.013	199.2	5.15	27.00	27.95	27.19	27.32	28.21	28.80	28.53	27.63	S-M	Apr. 5 2004 b_r2G200P110q05x15.0.r00(2)
0.309	5.758	20.0	10.883	200.9	5.29	26.55	27.58	27.06	26.98	27.71	28.20	27.92	27.32	S-M	Apr. 7 2004 b_r2G200P110q05x25.0.r00(0)
0.348	5.981	20.0	10.878	200.9	5.29	26.54	27.44	27.12	26.90	27.67	28.17	27.82	27.22	S-M	Apr. 7 2004 b_r2G200P110q05x25.0.r00(1)
0.417	6.277	17.0	11.036	201.9	5.17	27.08	27.92	27.59	27.52	28.15	28.53	28.27	27.72	S-M	Apr. 5 2004 b_r2G200P110q05x35.0.r00(1)
0.455	6.332	17.0	11.030	201.9	5.17	27.06	27.94	27.60	27.47	28.03	28.46	28.35	27.70	S-M	Apr. 5 2004 b_r2G200P110q05x35.0.r00(2)
0.505	6.072	20.5	10.873	198.4	5.34	26.52	27.51	27.22	27.18	27.52	27.90	27.71	27.23	S-M	Apr. 7 2004 b_r2G200P110q05x45.0.r00(0)
0.544	6.389	20.5	10.865	198.4	5.34	26.49	27.38	27.08	26.98	27.44	27.92	27.68	27.24	A	Apr. 7 2004 b_r2G200P110q05x45.0.r00(1)
0.618	6.778	17.5	11.059	199.2	5.17	27.15	27.97	27.70	27.64	28.03	28.39	28.25	27.86	A	Apr. 5 2004 b_r2G200P110q05x55.0.r00(1)
0.655	7.379	18.5	10.868	199.9	5.24	26.50	27.28	27.07	26.94	27.33	27.61	27.54	27.15	A	Apr. 6 2004 b_r2G200P110q05x55.1.r00(2)
0.701	8.598	21.0	11.048	199.7	5.25	27.12	27.77	27.54	27.45	27.90	28.12	28.02	27.70	A	Apr. 7 2004 b_r2G200P110q05x63.0.r00(1)
0.740	8.551	21.0	11.037	199.7	5.25	27.08	27.76	27.60	27.49	27.77	28.04	27.99	27.63	A	Apr. 7 2004 b_r2G200P110q05x63.0.r00(2)
0.810	9.611	19.5	11.063	199.7	5.24	27.17	27.78	27.64	27.56	27.79	27.96	28.00	27.71	A	Apr. 6 2004 b_r2G200P110q05x70.1.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 10 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.209	6.940	32.5	11.007	200.7	10.71	26.98	28.65	27.83	27.79	29.09	29.70	29.26	28.22	S-M	Sep. 15 2004 b_r2G200P110q10x10.1.r00(0)
0.242	7.066	31.5	11.007	199.4	10.70	26.98	28.55	27.79	27.69	28.97	29.63	29.32	28.30	S-M	Sep. 15 2004 b_r2G200P110q10x05.0.r00(1)
0.294	7.418	31.0	11.013	199.7	10.69	27.00	28.50	27.81	27.72	28.90	29.71	29.20	28.07	S-M	Sep. 13 2004 b_r2G200P110q10x10.0.r00(1)
0.363	7.496	31.5	11.006	198.9	10.70	26.97	28.53	27.97	27.94	28.61	29.47	29.10	28.08	S-M	Sep. 13 2004 b_r2G200P110q10x25.0.r00(0)
0.393	7.356	33.0	11.005	199.4	10.72	26.97	28.51	27.91	27.88	28.79	29.39	29.10	28.27	S-M	Sep. 15 2004 b_r2G200P110q10x20.0.r00(1)
0.443	7.545	31.5	11.000	198.9	10.70	26.95	28.45	27.91	27.89	28.76	29.42	29.00	28.02	S-M	Sep. 13 2004 b_r2G200P110q10x25.0.r00(1)
0.516	7.479	32.0	11.008	198.2	10.71	26.98	28.54	28.07	28.02	28.60	29.33	29.05	28.18	S-M	Sep. 13 2004 b_r2G200P110q10x40.0.r00(0)
0.560	7.835	33.0	11.002	199.9	10.72	26.96	28.46	27.88	27.91	28.77	29.20	28.82	28.17	S-M	Sep. 15 2004 b_r2G200P110q10x30.0.r00(2)
0.596	7.606	32.0	11.000	198.2	10.71	26.95	28.46	27.90	27.94	28.64	29.36	29.01	28.09	S-M	Sep. 13 2004 b_r2G200P110q10x40.0.r00(1)
0.668	8.334	32.5	11.032	199.2	10.71	27.06	28.47	28.12	28.04	28.48	29.12	28.92	28.16	A to A-M	Sep. 13 2004 b_r2G200P110q10x55.0.r00(0)
0.748	10.696	32.5	11.021	199.2	10.71	27.02	28.16	27.95	27.96	28.01	28.47	28.55	27.99	A to A-M	Sep. 13 2004 b_r2G200P110q10x55.0.r00(1)
0.828	15.250	32.5	11.009	199.2	10.71	26.98	27.81	27.85	27.74	27.76	27.80	27.80	27.96	A-M	Sep. 13 2004 b_r2G200P110q10x55.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.211	9.646	21.5	11.005	198.9	15.82	26.97	28.89	27.85	28.03	29.31	29.84	29.40	28.37	S-M	Apr. 13 2004 b_r2G200P110q15x05_1.r00(0)
0.258	10.462	21.5	11.038	199.9	15.82	27.08	28.84	27.96	27.87	29.10	29.83	29.43	28.50	S-M	Apr. 13 2004 b_r2G200P110q15x10_1.r00(0)
0.328	10.402	21.5	11.002	198.9	15.82	26.96	28.61	27.87	27.62	28.95	29.91	29.39	28.30	S-M	Apr. 13 2004 b_r2G200P110q15x05_1.r00(1)
0.375	10.683	21.5	11.034	199.9	15.82	27.07	28.69	27.97	27.77	28.97	29.92	29.43	28.38	S-M	Apr. 13 2004 b_r2G200P110q15x10_1.r00(1)
0.413	10.877	22.0	11.073	199.2	15.82	27.20	28.88	28.24	28.19	28.71	29.75	29.48	28.71	S-M	Apr. 15 2004 b_r2G200P110q15x25_2.r00(0)
0.460	11.129	22.0	11.042	200.4	15.83	27.10	28.73	28.12	28.10	28.58	29.54	29.28	28.62	S-M	Apr. 13 2004 b_r2G200P110q15x30_1.r00(0)
0.510	11.113	22.0	11.050	199.9	15.83	27.12	28.76	28.16	28.15	28.61	29.54	29.30	28.66	S-M	Apr. 13 2004 b_r2G200P110q15x35_1.r00(0)
0.561	11.327	21.5	11.054	201.2	15.82	27.14	28.74	28.16	28.15	28.59	29.49	29.27	28.68	S-M	Apr. 13 2004 b_r2G200P110q15x40_1.r00(0)
0.627	11.551	22.0	11.041	199.9	15.83	27.09	28.63	28.03	27.90	28.79	29.57	29.27	28.37	S-M	Apr. 13 2004 b_r2G200P110q15x35_1.r00(1)
0.677	11.673	21.5	11.045	201.2	15.82	27.11	28.62	28.05	27.93	28.77	29.52	29.27	28.37	S-M	Apr. 13 2004 b_r2G200P110q15x40_1.r00(1)
0.742	13.000	23.0	11.092	199.4	15.84	27.27	28.68	28.29	28.18	29.04	28.69	29.04	28.81	A to A-M	Apr. 15 2004 b_r2G200P110q15x35_2.r00(2)
0.782	13.242	23.0	11.115	200.2	15.84	27.34	28.73	28.43	28.26	29.05	28.71	29.06	28.86	A to A-M	Apr. 15 2004 b_r2G200P110q15x40_3.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 200\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 20\text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.197	8.854	26.5	11.010	200.4	21.18	26.99	29.63	28.76	30.05	29.96	30.27	29.99	28.76	S-D to S-M	Sep. 22 2004 b_r2G200P110q20x00.1.r00(0)
0.239	9.784	28.5	11.012	199.9	21.21	27.00	29.42	28.48	29.09	29.83	30.35	30.07	28.70	S-D to S-M	Sep. 21 2004 b_r2G200P110q20x01.0.r00(0)
0.290	10.751	28.5	10.987	200.4	21.21	26.91	29.14	28.40	28.34	29.32	30.20	29.94	28.63	S-D to S-M	Sep. 21 2004 b_r2G200P110q20x07.0.r00(0)
0.355	11.557	25.5	10.991	200.4	21.16	26.92	29.01	28.34	28.22	29.02	30.08	29.78	28.60	S-M	Sep. 24 2004 b_r2G200P110q20x14.0.r00(0)
0.393	11.951	26.0	11.027	200.2	21.17	27.05	29.07	28.51	28.38	28.83	30.10	29.90	28.70	S-M	Sep. 24 2004 b_r2G200P110q20x18.0.r00(0)
0.445	11.841	28.5	10.980	200.4	21.21	26.89	28.93	28.26	28.20	28.34	30.26	29.87	28.66	S-M	Sep. 21 2004 b_r2G200P110q20x07.0.r00(1)
0.493	12.020	28.5	10.995	200.2	21.21	26.94	28.96	28.31	28.25	28.38	30.25	29.88	28.67	S-M	Sep. 21 2004 b_r2G200P110q20x13.0.r00(1)
0.549	12.956	26.0	11.020	200.2	21.17	27.02	28.91	28.49	28.29	28.36	29.76	29.84	28.72	S-M	Sep. 24 2004 b_r2G200P110q20x18.0.r00(1)
0.634	18.211	28.5	10.958	199.7	21.21	26.81	28.23	28.16	28.14	28.17	28.13	28.36	28.40	A to A-M	Sep. 21 2004 b_r2G200P110q20x25.0.r00(1)
0.693	22.327	26.0	10.988	199.7	21.17	26.91	28.11	28.22	28.08	28.10	28.01	28.06	28.21	A-M	Sep. 22 2004 b_r2G200P110q20x16.0.r00(2)
0.745	22.916	26.0	10.988	200.7	21.17	26.91	28.09	28.27	28.15	28.00	27.96	27.96	28.19	A-M	Sep. 24 2004 b_r2G200P110q20x22.0.r00(2)
0.791	21.160	28.5	10.945	199.7	21.21	26.76	28.02	28.14	28.00	27.90	27.95	27.94	28.20	A-M	Sep. 21 2004 b_r2G200P110q20x25.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 25 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.155	10.747	22.0	10.995	198.9	26.15	26.94	29.88	29.48	29.40	30.19	30.36	29.94	28.71	S-D	May. 11 2004 b_r2G200P110q25x00.5.r00(0)
0.172	9.607	23.5	10.978	199.7	26.16	26.88	29.91	30.55	30.54	29.95	30.28	29.86	28.31	S-D	May. 12 2004 b_r2G200P110q25x00.9.r00(0)
0.200	6.861	24.5	10.999	198.9	26.17	26.95	31.08	34.68	32.93	30.04	30.34	29.96	28.53	S-D to S-M	May. 12 2004 b_r2G200P110q25x00.10.r00(0)
0.221	7.334	25.0	11.018	198.7	26.18	27.01	31.35	33.19	33.20	30.06	30.33	29.94	28.66	S-D to S-M	May. 12 2004 b_r2G200P110q25x00.11.r00(0)
0.244	8.586	25.0	11.021	198.7	26.17	27.02	30.74	30.46	32.91	30.01	30.34	29.94	28.66	S-D to S-M	May. 12 2004 b_r2G200P110q25x00.12.r00(0)
0.258	10.292	25.5	11.014	199.4	26.18	27.00	30.11	29.06	31.35	29.89	30.31	29.92	28.63	S-D to S-M	May. 12 2004 b_r2G200P110q25x00.13.r00(0)
0.267	11.805	26.0	11.025	200.7	25.93	27.04	29.72	28.55	30.14	29.75	30.27	29.90	28.67	S-D to S-M	May. 12 2004 b_r2G200P110q25x00.14.r00(0)
0.295	14.095	25.0	11.059	198.9	26.17	27.15	29.43	28.60	28.73	29.32	30.38	30.12	28.80	S-D to S-M	May. 11 2004 b_r2G200P110q25x02.1.r00(0)
0.331	14.540	25.0	11.086	198.4	26.17	27.25	29.45	28.71	28.59	29.35	30.42	30.17	28.93	S-M	May. 11 2004 b_r2G200P110q25x07.1.r00(0)
0.390	14.488	24.0	11.036	198.9	26.16	27.08	29.24	28.43	28.25	28.95	30.48	30.17	28.90	S-M	May. 11 2004 b_r2G200P110q25x00.6.r00(1)
0.445	14.880	25.0	11.042	199.2	26.17	27.10	29.26	28.48	28.29	28.69	30.47	30.16	28.91	S-M	May. 11 2004 b_r2G200P110q25x00.7.r00(1)
0.489	14.817	25.0	11.053	198.9	26.17	27.13	29.35	28.55	28.40	28.54	30.53	30.25	29.00	S-M	May. 11 2004 b_r2G200P110q25x02.1.r00(1)
0.525	15.439	25.0	11.080	198.4	26.17	27.22	29.38	28.61	28.42	28.50	30.52	30.28	29.06	S-M	May. 11 2004 b_r2G200P110q25x07.1.r00(1)
0.567	17.286	25.0	11.051	199.2	26.17	27.13	29.09	28.50	28.36	28.29	29.68	30.07	28.82	A to A-M	May. 11 2004 b_r2G200P110q25x12.1.r00(1)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 200 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 25 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}[0]}$	$T_{\text{wo}[1]}$	$T_{\text{wo}[2]}$	$T_{\text{wo}[3]}$	$T_{\text{wo}[4]}$	$T_{\text{wo}[5]}$	Flow pattern	Run day File name
0.611	23.018	23.0	10.983	199.9	26.14	26.89	28.42	28.31	28.15	27.97	28.32	28.83	28.48	A to A-M	May. 10 2004 b_r2G200P110q25x15.0.r00(1)
0.685	27.787	25.0	11.043	198.9	26.17	27.10	28.36	28.53	28.32	28.30	28.28	28.22	28.47	A to A-M	May. 11 2004 b_r2G200P110q25x02.1.r00(2)
0.740	29.164	24.5	11.017	198.9	26.17	27.01	28.22	28.43	28.21	28.15	28.14	28.08	28.33	A-M	May. 13 2004 b_r2G200P110q25x08.0.r00(2)
0.793	29.184	24.5	10.994	199.7	26.17	26.93	28.14	28.33	28.12	28.09	28.05	28.01	28.27	A-M	May. 13 2004 b_r2G200P110q25x14.0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 250 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 5 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.192	4.888	21.5	11.006	250.5	5.17	26.97	28.11	27.57	27.52	28.28	28.71	28.46	28.02	S-M	Nov. 8 2004 b_r2G250P110q05x15_0.r00(0)
0.285	5.239	22.0	10.995	249.1	5.18	26.94	28.01	27.62	27.57	28.09	28.46	28.28	27.90	S-M	Nov. 8 2004 b_r2G250P110q05x25_0.r00(0)
0.389	6.092	22.0	10.988	250.5	5.18	26.91	27.82	27.57	27.50	27.89	28.18	28.07	27.74	S-M	Nov. 8 2004 b_r2G250P110q05x35_0.r00(0)
0.450	6.483	22.0	10.993	250.5	5.18	26.93	27.79	27.47	27.49	27.86	28.15	28.07	27.70	S-M	Nov. 8 2004 b_r2G250P110q05x35_0.r00(2)
0.493	6.387	22.0	10.982	251.0	5.18	26.89	27.78	27.51	27.56	27.82	28.04	27.97	27.68	A	Nov. 9 2004 b_r2G250P110q05x45_0.r00(0)
0.595	7.696	23.0	11.007	249.5	5.20	26.98	27.71	27.55	27.55	27.79	27.95	27.89	27.56	A	Nov. 9 2004 b_r2G250P110q05x55_0.r00(0)
0.657	7.830	23.0	10.999	249.5	5.20	26.95	27.68	27.50	27.50	27.70	27.91	27.80	27.64	A	Nov. 9 2004 b_r2G250P110q05x55_0.r00(2)
0.741	9.321	23.0	11.006	251.3	5.20	26.97	27.59	27.48	27.47	27.61	27.73	27.72	27.55	A	Nov. 9 2004 b_r2G250P110q05x65_0.r00(2)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 250 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.178	9.059	23.0	10.993	250.8	15.85	26.93	28.87	28.06	27.93	29.11	29.84	29.60	28.68	S-M	Nov. 10 2004 b_r2G250P110q15x05_0.r00(0)
0.233	9.227	23.5	10.991	248.3	15.85	26.92	28.83	28.12	28.01	28.87	29.76	29.54	28.70	S-M	Nov. 10 2004 b_r2G250P110q15x10_0.r00(0)
0.272	9.681	23.0	10.988	250.8	15.85	26.91	28.73	27.91	27.82	28.79	29.79	29.57	28.56	S-M	Nov. 10 2004 b_r2G250P110q15x05_0.r00(1)
0.327	9.851	23.5	10.985	248.3	15.85	26.90	28.70	27.92	27.82	28.69	29.74	29.54	28.51	S-M	Nov. 10 2004 b_r2G250P110q15x10_0.r00(1)
0.411	9.852	23.5	11.019	252.5	15.85	27.02	28.82	28.21	28.14	28.76	29.62	29.46	28.73	S-M	Nov. 10 2004 b_r2G250P110q15x30_0.r00(0)
0.473	10.120	22.0	11.023	250.0	15.83	27.03	28.79	28.20	28.13	28.67	29.55	29.44	28.72	S-M	Nov. 12 2004 b_r2G250P110q15x35_0.r00(0)
0.504	10.551	23.5	11.008	252.5	15.85	26.98	28.68	27.99	27.90	28.65	29.55	29.40	28.55	S-M	Nov. 10 2004 b_r2G250P110q15x30_0.r00(1)
0.546	10.133	22.0	11.008	250.3	15.83	26.98	28.73	28.18	28.10	28.62	29.45	29.35	28.69	A	Nov. 12 2004 b_r2G250P110q15x43_0.r00(0)
0.602	10.386	21.5	11.036	250.0	15.82	27.08	28.79	28.25	28.18	28.69	29.45	29.41	28.74	A	Nov. 12 2004 b_r2G250P110q15x48_0.r00(0)
0.639	11.194	22.0	10.993	250.3	15.83	26.93	28.54	27.93	27.83	28.49	29.29	29.20	28.46	A	Nov. 12 2004 b_r2G250P110q15x43_0.r00(1)
0.695	11.527	21.5	11.019	250.0	15.82	27.02	28.60	28.01	27.93	28.48	29.29	29.23	28.55	A	Nov. 12 2004 b_r2G250P110q15x48_0.r00(1)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 250 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 25 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.192	11.626	20.0	11.008	250.8	26.09	26.98	29.54	28.62	28.48	30.06	30.51	30.35	29.22	S-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x00_0.r00(0)
0.225	11.989	19.5	11.020	250.8	26.09	27.02	29.51	28.65	28.54	29.84	30.46	30.34	29.24	S-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x01_0.r00(0)
0.256	12.412	19.5	11.013	251.8	26.09	27.00	29.41	28.63	28.51	29.49	30.38	30.27	29.20	S-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x05_0.r00(0)
0.345	12.982	20.0	11.001	250.8	26.09	26.96	29.30	28.39	28.13	29.18	30.44	30.22	29.32	S-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x00_0.r00(1)
0.378	13.290	19.5	11.012	250.8	26.09	26.99	29.30	28.43	28.16	29.11	30.39	30.18	29.33	S-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x01_0.r00(1)
0.409	13.386	19.5	11.003	251.8	26.09	26.97	29.27	28.39	28.14	29.00	30.36	30.14	29.32	S-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x05_0.r00(1)
0.479	13.503	19.5	10.991	248.8	26.09	26.92	29.17	28.57	28.44	28.92	29.94	30.04	29.10	S-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x27_0.r00(0)
0.673	22.346	19.0	10.963	253.0	26.08	26.83	28.31	28.49	28.20	28.36	28.20	28.18	28.40	A to A-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x17_0.r00(2)
0.733	24.677	19.5	10.930	251.0	26.09	26.71	28.09	28.23	28.03	28.12	27.98	27.92	28.23	A-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x22_0.r00(2)
0.789	25.231	19.5	10.955	248.8	26.09	26.80	28.15	28.28	28.07	28.20	28.06	27.98	28.29	A-M	Nov. 15 2004 b_r2G250P110q25x27_0.r00(2)

HCFC22, $P \approx 1.1\text{MPa}$, $G \approx 300\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \approx 5\text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.209	5.720	18.5	10.971	299.4	5.30	26.85	27.83	27.51	27.33	27.92	28.36	28.20	27.75	S-M	Apr. 9 2004 b_r2G300P110q05x15_1.r00(1)
0.299	6.177	19.0	10.993	299.6	5.18	26.93	27.83	27.56	27.44	27.86	28.25	28.13	27.74	S-M	Apr. 9 2004 b_r2G300P110q05x23_0.r00(1)
0.337	6.709	21.5	10.954	300.6	5.25	26.79	27.66	27.43	27.39	27.67	27.94	27.84	27.55	S-M	Apr. 7 2004 b_r2G300P110q05x30_1.r00(0)
0.422	7.042	20.0	11.098	300.6	5.19	27.29	28.11	27.93	27.90	28.16	28.33	28.24	27.97	A	Apr. 9 2004 b_r2G300P110q05x40_0.r00(0)
0.490	7.514	21.5	10.959	299.4	5.29	26.81	27.61	27.46	27.41	27.63	27.79	27.74	27.45	A	Apr. 7 2004 b_r2G300P110q05x45_2.r00(0)
0.543	8.438	21.5	10.923	299.4	5.29	26.69	27.38	27.19	27.17	27.39	27.65	27.55	27.32	A	Apr. 7 2004 b_r2G300P110q05x45_2.r00(2)
0.624	8.689	18.5	11.211	300.6	5.29	27.67	28.35	28.22	28.25	28.42	28.46	28.41	28.27	A	Apr. 5 2004 b_r2G300P110q05x60_0.r00(0)
0.650	9.762	18.5	11.188	300.6	5.29	27.59	28.18	28.05	28.03	28.32	28.34	28.33	28.12	A	Apr. 5 2004 b_r2G300P110q05x60_0.r00(1)
0.711	10.125	20.5	10.908	299.9	5.25	26.64	27.20	27.10	27.05	27.34	27.30	27.32	27.21	A	Apr. 9 2004 b_r2G300P110q05x65_1.r00(1)

HCFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 300\text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 15\text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{atm}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.155	9.420	21.5	10.950	298.9	15.82	26.78	28.69	27.86	27.76	28.89	29.51	29.38	28.51	S-M	Apr. 21 2004 b_r2G300P110q15x05_1.r00(0)
0.205	9.754	22.0	11.002	299.1	15.83	26.96	28.80	28.06	27.98	28.90	29.58	29.47	28.64	S-M	Apr. 21 2004 b_r2G300P110q15x10_2.r00(0)
0.258	9.992	22.5	11.035	299.4	15.84	27.07	28.87	28.16	28.10	28.94	29.62	29.52	28.73	S-M	Apr. 21 2004 b_r2G300P110q15x15_1.r00(0)
0.318	9.921	21.0	11.004	299.1	15.81	26.97	28.78	28.07	28.04	28.84	29.52	29.40	28.62	S-M	Apr. 20 2004 b_r2G300P110q15x20_2.r00(0)
0.379	10.836	22.0	11.032	299.4	15.83	27.06	28.67	28.09	27.80	28.90	29.40	29.41	28.67	S-M	Apr. 19 2004 b_r2G300P110q15x20_0.r00(1)
0.448	10.490	21.5	11.049	299.4	15.82	27.12	28.79	28.18	27.93	28.93	29.69	29.48	28.71	S-M	Apr. 20 2004 b_r2G300P110q15x25_1.r00(1)
0.494	10.801	23.5	11.063	299.6	15.85	27.17	28.83	28.26	28.18	28.87	29.42	29.40	28.84	A	Apr. 21 2004 b_r2G300P110q15x40_1.r00(0)
0.542	11.205	24.0	11.127	298.9	15.86	27.38	28.98	28.46	28.36	29.03	29.53	29.52	29.04	A	Apr. 21 2004 b_r2G300P110q15x45_1.r00(0)
0.608	11.332	24.0	11.144	299.4	15.86	27.44	29.03	28.52	28.43	29.10	29.54	29.54	29.07	A	Apr. 21 2004 b_r2G300P110q15x50_1.r00(0)
0.651	11.565	23.5	11.022	299.6	15.85	27.03	28.59	28.17	28.11	28.94	28.93	29.00	28.39	A	Apr. 21 2004 b_r2G300P110q15x40_1.r00(2)
0.700	12.194	24.0	11.082	298.9	15.86	27.23	28.72	28.30	28.24	29.08	29.05	29.13	28.54	A	Apr. 21 2004 b_r2G300P110q15x45_1.r00(2)
0.765	12.390	24.0	11.095	299.4	15.86	27.28	28.75	28.30	28.30	29.12	29.04	29.15	28.57	A	Apr. 21 2004 b_r2G300P110q15x50_1.r00(2)

HGFC22, $P \simeq 1.1\text{MPa}$, $G \simeq 300 \text{ kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, $q \simeq 25 \text{ kW}/\text{m}^2$															
x	α	T_{sat}	P	G	q	T_{sat}	$\overline{T_{\text{wo}}}$	$T_{\text{wo}}[0]$	$T_{\text{wo}}[1]$	$T_{\text{wo}}[2]$	$T_{\text{wo}}[3]$	$T_{\text{wo}}[4]$	$T_{\text{wo}}[5]$	Flow pattern	Run day File name
0.199	12.638	22.0	10.981	299.9	26.13	26.89	29.27	28.41	28.32	29.63	30.26	30.06	28.93	S-M	May. 17 2004 b_r2G300P110q25x02_0.r00(0)
0.243	12.628	22.0	11.020	300.4	26.13	27.02	29.40	28.60	28.50	29.62	30.35	30.17	29.17	S-M	May. 17 2004 b_r2G300P110q25x07_0.r00(0)
0.297	12.876	23.0	11.043	299.6	26.14	27.10	29.44	28.72	28.57	29.59	30.35	30.19	29.23	S-M	May. 17 2004 b_r2G300P110q25x12_0.r00(0)
0.328	13.064	22.0	10.972	299.9	26.13	26.86	29.19	28.33	27.95	29.03	30.32	30.19	29.21	S-M	May. 17 2004 b_r2G300P110q25x02_0.r00(1)
0.371	13.425	22.0	11.008	300.4	26.13	26.98	29.29	28.46	28.07	28.97	30.37	30.25	29.33	S-M	May. 17 2004 b_r2G300P110q25x07_0.r00(1)
0.426	13.822	23.0	11.030	299.6	26.14	27.05	29.34	28.56	28.17	28.82	30.39	30.26	29.35	S-M	May. 17 2004 b_r2G300P110q25x12_0.r00(1)
0.479	13.874	23.5	11.040	299.6	26.15	27.09	29.41	28.60	28.24	28.65	30.44	30.34	29.45	S-M	May. 17 2004 b_r2G300P110q25x17_0.r00(1)
0.521	14.350	23.5	11.032	300.4	26.15	27.06	29.34	28.58	28.20	28.49	30.32	30.22	29.37	S-M	May. 17 2004 b_r2G300P110q25x22_0.r00(1)
0.572	14.772	23.5	11.014	299.9	26.15	27.00	29.24	28.49	28.15	28.29	30.18	30.12	29.27	S-M	May. 17 2004 b_r2G300P110q25x27_0.r00(1)
0.601	15.214	25.5	11.056	300.1	26.18	27.14	29.33	28.70	28.33	28.39	29.94	30.26	29.44	S-M	May. 18 2004 b_r2G300P110q25x30_0.r00(1)
0.644	26.891	24.0	11.061	297.9	26.16	27.16	28.45	28.66	28.40	28.41	28.34	28.32	28.55	A-M	May. 18 2004 b_r2G300P110q25x21_0.r00(2)
0.670	27.408	24.5	10.995	299.6	26.17	26.94	28.21	28.35	28.18	28.20	28.11	28.09	28.30	A-M	May. 18 2004 b_r2G300P110q25x24_0.r00(2)
0.705	27.989	25.0	11.012	300.1	26.18	27.00	28.25	28.38	28.22	28.23	28.14	28.14	28.35	A-M	May. 18 2004 b_r2G300P110q25x27_1.r00(2)
0.730	27.770	25.5	11.030	300.1	26.18	27.06	28.31	28.46	28.28	28.31	28.20	28.19	28.43	A-M	May. 18 2004 b_r2G300P110q25x30_0.r00(2)