

C A  
2352  
1920  
Hib

# プール沸騰限界熱流束のメカニズムに関する研究

工学研究科

筑波大学

2000年 3月

矢嶽健史



000003520

記号表

$A$	ハマーカ一定数	$T_{sat}$	飽和蒸気温度
$B_{0(\gamma)}$	Bessel 関数の解	$T_s$	伝熱面温度
$B_{1(\gamma)}$	Bessel 関数の解 1 階微分	$dT$	温度勾配
$C$	プローブー伝熱面間静電容量	$t$	時間
$C_0$	液膜厚さ 0 のときのプローブ —伝熱面間における静電容量	$U_0$	蒸気泡内蒸気上昇平均速度
$C_1$	気泡下部液膜部分の静電容量	$U_t$	蒸気泡側面液体縦方向速度
$C_i$	定数	$U_v$	蒸気泡内蒸気上昇速度
$C_p$	比熱	$u_a$	半径 $r \sim r+1$ 区間の平均速度
$c$	気液界面伝播速度	$u_i$	気泡下部液膜内半径方向速度
$D$	プローブー伝熱面間距離	$V$	液体体積
$E_0$	電界強さ	$V_t$	気泡下部液膜厚さ測定時の 出力電圧
$E_r$	電界強さ半径方向成分	$V_p$	カバーガラスまたはポリエチ レンの測定時の出力電圧
$E_z$	電界強さ縦方向成分	$Z$	回転座標系高さ
$E_\theta$	電界強さ回転方向成分	$\alpha$	気液界面の任意の点
$f_0$	気液界面振動数	$\gamma$	流体密度
$f_{EHD}$	EHD 効果含む気液界面振動数	$\Delta T$	過熱度
$f_{(k)}$	回復力	$\delta$	気泡下部液膜厚さ
$G_{(r)}$	変数変換式	$\delta_p$	カバーガラスまたはポリエチ レンの厚さ
$g$	重力加速度	$\varepsilon$	比誘電率
$H_{lg}$	蒸発潜熱	$\varepsilon_0$	真空の誘電率
$h$	潜熱	$\varepsilon_t$	液体の比誘電率
$J$	$\frac{S_v \rho_v}{(S_h - S_v) \rho_h}$	$\varepsilon_p$	カバーガラスまたはポリエチ レンの比誘電率
$K$	主曲率	$\varepsilon_v$	蒸気の比誘電率
$k$	波数	$\eta$	気液界面の波
$M$	分子量	$\eta_0$	気液界面微小擾乱振幅
$P_0$	平均圧力	$\theta$	回転座標系角度
$P_d$	分離圧	$\lambda_1$	液体の熱伝導率
$P_g$	蒸気圧	$\mu$	液体の粘性係数
$P_l$	液膜圧力	$\rho_1$	液体密度
$q_e$	熱流束	$\rho_g$	蒸気密度
$R_0$	伝熱面半径	$\sigma_e$	電気伝導度
$r$	回転座標系半径	$\sigma_{lg}$	気液界面表面張力係数
$r_1$	気泡横断面方向曲率半径	$\Phi$	電位
$r_2$	気泡縦断面方向曲率半径	$\phi$	直径
$S$	プローブ測定部面積	添え字など	
$S_h$	伝熱面面積	$g$	気体、蒸気
$S_v$	伝熱面面積に占める気泡面積	$l$	液体、液膜
$T$	温度	$lg$	気液界面
$T_c$	臨界温度	$EHD$	EHD 効果を受けている
$T_{lg}$	気液界面温度		
$T_s$	表面張力		

## 目次

### 第1章 プール沸騰限界熱流束のメカニズムに関する研究の目的と内容

1-1	まえがき	1
1-2	限界熱流束	4
1-3	現在ある限界熱流束における沸騰現象のモデル	4
1-4	本研究の目的と概要	5

### 第2章 沸騰限界熱流束近傍の気泡下部液膜内圧力変動の測定

#### 第1節 緒論

2-1-1	まえがき	8
2-1-2	従来の研究	8

#### 第2節 実験装置及び方法

2-2-1	実験装置の概要および特徴	9
2-2-2	微小高速応答圧力センサー	9

2-2-3	圧力計製作及び取り付け方法	10
-------	---------------	----

#### 第3節 校正方法

2-3-1	圧力測定機器の校正方法	12
2-3-2	圧力測定機器の測定誤差	12

#### 第4節 沸騰気泡下部液膜内圧力の絶対値とその変動

#### 第5節 本章の結論

### 第3章 沸騰限界熱流束近傍の気泡下部液膜厚さ変動の測定

#### 第1節 緒論

3-1-1	まえがき	24
3-1-2	従来の研究	25

#### 第2節 実験装置及び方法

3-2-1	実験装置の概要および特徴	25
3-2-2	実験方法	26

#### 第3節 校正方法

3-3-1	液膜厚さ測定機器の校正基準値	27
3-3-2	液膜厚さの校正の計算方法	27

3-3-3	気泡下部液膜厚さ測定精度	29
-------	--------------	----

#### 第4節 沸騰気泡下部液膜厚さの絶対値とその変動について

		30
--	--	----

3-4-1	核沸騰領域、限界熱流束時及び遷移沸騰領域での沸騰 気泡下部液膜厚さの時間変化	3 0
3-4-2	限界熱流束時の急激な液膜減少	3 1
3-4-3	限界熱流束時の気泡下部液膜への液体供給及び 排出過程の検証	3 2
3-4-4	限界熱流束時の液体供給及び排出速度	3 2
3-4-5	限界熱流束時の熱流束時間変化	3 3
第5節	気泡形状の時間変化と、液膜厚さの時間変化	3 4
3-5-1	実験装置の概要および特徴	3 4
3-5-2	気泡形状及び液膜厚さの時間変化の同時測定結果	3 4
第6節	液膜内圧力の時間変化と、液膜厚さの時間変化	3 5
3-6-1	実験装置の概要および特徴	3 5
3-6-2	液膜内圧力及び液膜厚さの時間変化の同時測定結果	3 5
第7節	本章の結論	3 5

#### **第4章 沸騰限界熱流束のメカニズムのモデル化**

第1節	緒論	5 1
4-1-1	まえがき	5 1
4-1-2	従来の研究	5 1
第2節	気泡形状、液膜内圧力、及び液膜厚さの時間変化の関係	5 2
4-2-1	気泡形状の時間変化と気泡下部液膜内圧力変動の計算	5 2
4-2-2	液体供給（排出）速度計算	5 4
4-2-3	気泡下部液膜内圧力の計算	5 6
4-2-4	液膜厚さ及び圧力の時間変化の計算	5 8
4-2-5	限界熱流束近傍の沸騰	6 0
第3節	限界熱流束近傍の、沸騰メカニズムのモデル化	6 1
4-3-1	限界熱流束近傍の、沸騰メカニズムのモデル	6 1
4-3-2	限界熱流束の発生メカニズム	6 1
第4節	本章の結論	6 2

#### **第5章 沸騰熱伝達のEHD的研究**

第1節	緒論	6 9
5-1-1	まえがき	6 9
5-1-2	EHD (Electrohydrodynamics) について	7 0
5-1-3	これまでのモデルで説明できない沸騰現象に及ぼす EHD効果	7 0

5 - 1 - 4	従来の研究	7 1
第2節	解析と考察	7 2
5 - 2 - 1	静電場の影響を受ける気泡下部気液界面にかかる力 の解析と考察	7 2
5 - 2 - 2	静電場の影響を受ける気泡下部気液界面の振動効果 の解析と考察	8 0
第3節	結論	8 3

## 第6章 結論

6 - 1	まえがき	9 4
6 - 2	各章のまとめ	9 5

HCFC-123 データ
謝辞
参考文献
著者の主な論文