

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	凝縮する気泡の界面挙動に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	因幡徳昭
Author(English)	Noriaki Inaba
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9242号, 授与年月日:2013年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:有富 正憲
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9242号, Conferred date:2013/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:Masanori Aritomi
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻:	原子核工学	専攻	申請学位(専攻分野):	博士	(工学)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of	
学籍番号:			指導教員(主):	有富 正憲	
Student ID Number			Academic Advisor(main)		
学生氏名:	因幡 徳昭		指導教員(副):	齊藤 正樹	
Student's Name			Academic Advisor(sub)		

要旨(和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「凝縮する気泡の界面挙動に関する研究」と題し、5章より構成されている。

第1章「緒論」では、沸騰水型炉の炉心の燃焼度を正確に評価するためには、炉心入口部近傍のサブクール沸騰領域のボイド率分布を正確に予測する必要があると述べ、サブクール沸騰領域でのボイド率分布予測に関する研究の現状を概観し、サブクール沸騰気泡の界面における凝縮熱伝達率が十分に解明されていないと指摘し、本研究の意義と目的を示している。

第2章「画像解析を用いた気泡形状と体積測定の評価」では、空気と水を作動流体とする体積が既知の単一気泡について、高速度カメラを用いて撮影し、画像の処理法により生じる計測誤差について取り上げている。気泡径が 5.8mm 以下の小気泡の場合は楕円体近似法を用いて精度良く気泡体積を計測できるが、気泡体積が増加するに従い、楕円体近似法を用いた場合、形状近似方法に依存して算出気泡体積が変化することを示し、測定精度向上のために二次元(ステレオ)撮影法を用いて気泡体積を算出した結果、気泡体積の測定誤差は気泡の形状とそれを引き起こす気泡上昇特性の影響が大きいことを明らかにしている。スパイラルおよびジグザグ状の軌跡で上昇する気泡は、ステレオ撮影法を用いて評価した結果、気泡の観察方向で形状が変わるため、二次元画像計測では気泡体積の正確な評価が困難であることを示し、気泡体積と等価である気泡形状パラメータを用いた相関式より算出する体積測定法を二次元画像計測に取り入れた処理法を提案し、実気泡体積に対しておおよそ 30%以下の計測誤差で計測できることを明らかにした。

第3章「サブクール水中のボイド特性」では、サブクール水中における凝縮により気泡径が減少し、消滅していく気泡数を、界面位置と時間の関係で表す画像に変換することにより気泡数分布を測定し、評価している。平均ボイド率は流動条件に依存して変化し、気泡数分布は、平均ボイド率が高い条件では径の大きい気泡は存在し、ボイド率に依存する結果を示している。その関係を考慮し、気泡数を予測する実験式を導出し、ボイド率、気泡上昇速度をパラメータに気泡数分布を予測している。ボイド率が高い条件で径の大きい気泡が存在し、ボイド率が小さくなれば径の小さい気泡が支配的になる測定した気泡数を模擬したものであり、測定値および実験式よりサブクール沸騰域では気泡径が小さい気泡数が多く、気泡径の増加と共に気泡数は指数的に減少することを明らかにした。

第4章「サブクール沸騰中における気泡凝縮特性」では、第3章の研究からは気泡数分布に関する十分なデータが得られなかったため、凝縮を伴う単一気泡径の減少に焦点を絞り、気泡崩壊率(気泡体積に基づく球形近似した際の等価径の初期気泡径との比)、界面熱伝達率、凝縮ヌセルト数の管内沸騰流への適用性を検討している。高サブクール度で高い界面熱伝達率を示す単一気泡の凝縮とボイド率が急激に増加するサブクール沸騰領域の気泡凝縮は現象が異なることから、従来の相関式を用いてサブクール沸騰中の気泡凝縮を評価することは困難であることを明らかにしている。また、サブクール沸騰領域では熱平衡クオリティと流動条件の変化でボイド率分布が大幅に変化するため、従来提唱されている相関式ではボイド率を十分に評価できないので、気泡数分布の推移から構築した気泡崩壊率をボイド率と界面積濃度で表現し、凝縮ヌセルト数を導入する相関式を提唱している。その結果、測定値に対して±48.9%の精度で一致する。

第5章「結論」では、各章で得られた成果を要約し、結論としてまとめた。

これを要するに、本論文は、サブクール沸騰領域の気泡の凝縮現象を取り上げ、気泡体積を求める画像計測法の高度化と凝縮熱伝達率の新たな相関式を提唱しており、測定値と比較することでその適用性を示した。

備考: 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	原子核工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学籍番号 : Student ID Number			指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	有富 正憲
学生氏名 : Student's Name	因幡 徳昭		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	齊藤 正樹

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This doctor thesis shows study for behaviors of condensation bubbles. In first chapter, it shows the background and objects. In second chapter, it shows estimations of bubble volume and the shape using image processing. The measurement error when calculating the bubble volume by using image analysis was estimated by taking a single bubble of known volume (0.02×10^{-6} – 2.00×10^{-6} m³, or the volume equivalent diameter of 3.37–15.63 mm) and using a stereo visualization system with a high-speed camera. This study clarified the measurement accuracy for bubble volumes using one- and two-way image analysis methods. The measurement accuracy of the calculated bubble volume degraded for large bubble volumes. A one-way volume measurement method using a correlation equation was developed, and its accuracy was equivalent to the measurement accuracy of the two-way method using stereo visualization. In third chapter, it shows void characteristics in subcooled flow boiling. In this study, the relationship among the bubble number distributions, void fraction, bubble collapse rate and phase change rate was clarified through measurement of the average interfacial heat transfer coefficient using image analysis under the condition of forced convectional subcooled flow boiling. The bubble number distributions were measured by translating bubble images observed by a high-speed camera. In fourth chapter, it shows condensation characteristics in subcooled flow boiling. For showing condensation characteristics, the bubble collapse rates were obtained by the process of bubble number. The obtained bubble collapse rates were possible to predict the decrease rate of the void fraction in low subcooling condition with high accuracy. The developed experimental correlation of the interfacial heat transfer with the interfacial area concentration was compared with the measured value, and the interfacial heat transfer using the developed correlation equation corresponded to the measured one. In fifth chapter, it shows conclusions of this thesis.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).