

氏 名	呉 田 昌 俊 くれ た まさ とし
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1664 号
学位授与の日付	平 成 9 年 11 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 原 子 核 工 学 専 攻
学位論文題目	大 気 圧 下 の 小 口 径 円 管 内 強 制 流 動 沸 騰 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主 査) 教授 芹 澤 昭 示 教授 西 原 英 晃 教授 荻 野 文 丸

論 文 内 容 の 要 旨

核融合炉や高出力加速器(大強度陽子線による核破碎中性子源等)の設計においては、プラズマ対向機器やターゲットなど高熱負荷機器の除熱技術を確立する必要がある。これらの高熱負荷機器の多くは、コンパクトな流路設計で比較的低圧力の液体冷却が望まれている。とくに狭小流路内での高流速・高サブクール度の水の強制流動沸騰伝熱を利用した方式は、高熱負荷除熱技術の一つとして期待され、その性能の把握と除熱限界の向上が求められている。

本論文はこうした研究の背景と問題認識のもとに、小口径円管内の水の強制流動沸騰時の圧力損失、熱伝達、限界熱流束、不安定流動などの諸特性を実験的および解析的に明らかにしたもので、6章より構成されている。

第1章は序論であり、本論文の研究目的およびその背景並びにこれに関連する従来の研究の内容を述べている。

第2章では小口径円管内大気圧水の強制流動沸騰実験を行い、安定流動時の圧力損失、熱伝達および限界熱流束について広範囲の実験条件において系統的に数多くのデータを取得している。また不安定流動時の実験も行っている。圧力損失特性については、実験結果を比較的小さいモデルによる予測と比較し、よく一致することを示している。熱伝達率については、管内径、質量速度および助走区間の影響を明らかにするとともに、ヌセルト数と蒸気クォリティの関係において蒸気クォリティがゼロの近傍で熱伝達特性が変化することを明らかにしている。限界熱流束については、管内径、加熱長さ対管内径比および入口サブクール度の影響を明らかにしている。また、大気圧の水ではこれまでにない極めて高い限界熱流束の値を達成している。さらに不安定流動の実験では、不安定流動の発生領域および限界熱流束特性に及ぼす不安定流動の影響を明らかにしている。

第3章では強制流動液単相流および沸騰二相流における壁面熱伝達率について、前章で得られた結果と既存の相関式とを比較検討している。液単相強制流動熱伝達については既存の相関式が小口径円管に対する実験結果を比較的小さい再現することを明らかにしている。飽和核沸騰熱伝達については、既存の相関式を小口径円管に用いた場合、壁面熱伝達率を過大評価することを明らかにし、小口径円管の実験結果を整理する熱伝達率相関式を提案している。また、沸騰二相流実験において、加熱部長さが長い場合と極端に短い場合に興味深い壁温振動が発生することを明らかにしている。

第4章では、小口径円管内の限界熱流束について、実験観察をもとに、限界熱流束発生機構をフラッディング型、ドライアウト型およびDNB型に分類し、それぞれについて既存の相関式、機構論的モデルおよび数値計算モデルによる予測結果との比較検討を行い、それらの相関式およびモデルの適用上の問題点を明らかにしている。また、得られた結果をもとに、小口径円管内強制流動沸騰時の限界熱流束の最適予測手法を提示するとともに、小口径円管内強制流動沸騰時の限界熱流束に関する今後の課題を抽出している。

第5章では、小口径円管内沸騰二相流の不安定流動について、実験条件に合わせて二流体モデルに基づく数値解析を行い、解析結果と実験結果との比較検討を行っている。その結果、圧力損失特性および不安定流動の特徴とその発生領域が二流体モデルにより再現可能であること、また、実験により観察された不安定流動が密度波振動を伴った圧力降下振動であること

を明らかにしている。

第6章は総括であり、前章までに得られた結果を要約し、結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、核融合炉プラズマ対向機器や高出力加速器のターゲットなどの高熱負荷機器の除熱に関連して、大気圧下の小口径円管内の水の強制流動沸騰時の圧力損失、熱伝達率、限界熱流束、不安定流動などの諸特性を明らかにしたもので、緒言および総括を加え6章より構成されている。

本論文によって得られた成果は以下のとおりである。

(1) 小口径円管内大気圧水の強制流動沸騰実験を行い、圧力損失特性、熱伝達特性および限界熱流束特性について広範囲の実験条件において系統的に数多くのデータを取得し、これらの諸特性に及ぼす管内径、加熱長さ対管内径比および入口サブクール度の影響、ならびに限界熱流束に対する不安定流動の影響を明らかにした。また、大気圧の水では前例のない極めて高い限界熱流束の値を達成した。

(2) 強制流動液单相流および沸騰二相流における壁面熱伝達率について、本研究により得られた結果と既存の相関式とを比較検討し、強制流動液单相熱伝達率については既存の相関式が小口径円管に対する実験結果を比較的よく再現すること、飽和核沸騰熱伝達率については、既存の相関式を小口径円管に用いた場合、壁面熱伝達率を過大評価することなどを明らかにし、小口径円管に用いられる熱伝達率相関式を提案した。

(3) 小口径円管内強制流動沸騰限界熱流束の発生機構をフラッディング型、ドライアウト型およびDNB型に分類し、それぞれについて既存の相関式、機構論的モデルおよび数値計算モデルによる予測結果との比較を行い、それらの問題点を明らかにするとともに、小口径円管の限界熱流束の最適予測手法を提示した。

(4) 小口径円管内沸騰二相流の不安定流動について、二流体モデルに基づく数値解析を行い、圧力損失特性および不安定流動の特徴とその発生領域が二流体モデルにより再可能であること、また、実験で観察された不安定流動が密度波振動を伴った圧力降下振動であることを明らかにした。

以上要するに、本論文は高熱負荷機器の除熱に関連して重要な小口径円管内の水の強制流動沸騰について、広範囲の実験条件の下に系統的に数多くのデータを取得し諸特性を明らかにするとともに、その最適予測手法を考究したものであり、学術的にも実際的にも極めて有益なものである。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認めた。また、平成9年9月5日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。