



TITLE:

Critical Heat Fluxes Caused by An Increasing Heat Input and A Rapid Depressurization(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Fukuda, Katsuya

CITATION:

Fukuda, Katsuya. Critical Heat Fluxes Caused by An Increasing Heat Input and A Rapid Depressurization. 京都大学, 1999, 博士(工学)

ISSUE DATE:

1999-03-23

URL:

<https://doi.org/10.11501/3149685>

RIGHT:

氏 名 福 田 勝 哉
 学位(専攻分野) 博 士 (工 学)
 学位記番号 論 工 博 第 3433 号
 学位授与の日付 平 成 11 年 3 月 23 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
 学位論文題目 Critical Heat Fluxes Caused by An Increasing Heat Input and A Rapid
 Depressurization
 (増加入力及び急減圧に伴う限界熱流束の研究)
 (主査)
 論文調査委員 教 授 芹 澤 昭 示 教 授 荻 野 文 丸 教 授 鈴 木 健 二 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は原子炉事故として想定される反応度事故や冷却材喪失事故に対応した入力急増時及び圧力急減時の過渡限界熱流束について、模擬実験体系を用いて広範な圧力条件、サブクール条件、入力条件、流体条件下で実験的に求め、その機構を追究したもので、全7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的、従来の研究との関連から見た本論文の位置づけを明らかにし、また、研究全体の構成を説明したものである。

第2章では、本研究全体を通して用いた種々の実験装置及び実験方法、計測手法などについて述べている。

第3章では、容器内の静止水または液体窒素中に水平に置かれた加熱円柱の定常限界熱流束について大気圧から2 MPa、サブクール度180Kまでの条件下で行った実験結果を取り纏め、限界熱流束関連式を求めると共に、得られた知見に基づいて導出した理論モデルとの比較検証を行っている。特に、高サブクール度下では既存の関連式が成立しないことを示すと共に、その物理的機構が非均質自発核生成理論によって説明できることを明らかにしている。

第4章では発熱体での発熱率が指数関数的に増加する場合(原子炉反応度事故に対応)について、沸騰開始から膜沸騰に至るまでの過渡沸騰熱伝達機構を実験的に調べたもので、特に発熱体の履歴効果を定量的に明らかにした。また、指数関数的に増大する発熱率の上昇周期(ペリオド)によって、限界熱流束が異なる3つの機構に分類されることを明らかにした。特に、上昇周期が極端に短い場合には核沸騰を伴わずに非定常熱伝導モードから一気に膜沸騰に移行することを見出した。

第5章では発熱体の表面形状特性(粗さ)に対する限界熱流束の依存性を明らかにし、また、第4章で述べた限界熱流束の3つの領域との関係について考察を行っている。一般に市販されている金属素材の表面特性での限界熱流束は発熱率上昇周期が短い場合、非均質自発核生成の結果、爆発的に発生することを見出している。

第6章では、初期状態が非沸騰自然対流熱伝達モードあるいは局所沸騰モードにある場合に圧力を急減させた時(冷却材喪失事故時に対応)の単一水平円筒発熱体からの過渡沸騰熱伝達について研究している。特に、圧力急減時の初期熱流束、初期圧力、圧力急減速度、発熱体の径によって過渡沸騰熱伝達過程が大きく影響されることを見出した。また、急激な圧力減少がある場合の過渡沸騰熱伝達機構が、初期にフラッシングされた加熱面上のキャビティからの非均質自発核生成に律速されることを示唆した。

第7章では、本研究で得られた成果をまとめて結論とし、今後の展望についても言及している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

動力用原子炉の高度化や安全性の向上を図るためには事故時に想定される様々な熱水学的過渡条件下における限界熱流束現象を正しく把握し、その機構に即した解析モデルや予測手法の構築が必要である。本論文は原子炉事故として想定され

る反応度事故や冷却材喪失事故に対応した入力急増時及び圧力急減時の過渡限界熱流束について、模擬実験体系を用いて広範な条件下で実験的にその機構を考察し、結果をまとめたものである。得られた成果を要約すると以下の通りである。

1. 広範囲の圧力条件、サブクール度に対して水平加熱円柱の限界熱流束を実験的に求め、高サブクール下では限界熱流束現象が非均質自発核生成理論によって説明できることを明らかにした。

2. 発熱体の発熱率が時間と共に指数関数的に急増する場合について発熱体の履歴効果を定量的に明らかにし、発熱率の上昇周期（ペリオド）に依存して、限界熱流束が異なる3つの機構に分類されることを見出した。

3. 限界熱流束に与える発熱体の表面形状（粗さ）の影響を系統的に考察し、特に表面処理を施していない金属素材の加熱面では、発熱上昇周期が短い場合には、非均質自発核生成により限界熱流束が爆発的に発生することを見出した。

4. 圧力急減時の限界熱流束の初期熱流束、初期圧力、圧力急減速度、発熱体の径に対する依存性を検討し、急激な圧力急減時には初期にフラiddiingされた加熱面上のキャビティからの非均質自発核生成が現象を律速することを見出した。

以上、本論文は原子炉の熱水力・安全性に関連して重要な想定事故時の過渡限界熱流束現象を考察し、多くの有用な知見を提供したものであり、その成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。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る。また、平成11年2月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問した結果、合格と認めた。