

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	環状噴霧流に及ぼすBWR燃料スペーサ形状効果のモデル化に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	矢野隆
Author(English)	Takashi Yano
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:乙第4121号, 授与年月日:2016年2月29日, 学位の種別:論文博士, 審査員:木倉 宏成,矢野 豊彦,高橋 実,加藤 之貴,赤塚 洋
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4121号, Conferred date:2016/2/29, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,,
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

論文要旨 (和文2000字程度)

(Summary)

報告番号	乙 第 号	氏 名	矢 野 隆
<p>(要 旨)</p> <p>第1章「緒論」</p> <p>沸騰水型原子炉(BWR)燃料集合体の高燃焼度化には、燃料の限界出力向上が課題となる。特に、燃料棒の間隔を保持する燃料スパーサは、液滴を燃料棒に付着させ除熱量を向上させることから、伝熱流動上からも重要な構造物である。スパーサによる液滴付着効果は、はじめ、乱流の強さに比例して付着するモデルが考えられたが、スパーサ形状が変化する場合の液滴付着効果は体系的に説明できていない。このため常温低圧の水と空気を用いた、スパーサ周りの流動を詳細に調べる二相流模擬実験が必要であると考えられた。そこで、実験での知見に基づいた、スパーサ形状効果を考慮可能な液滴付着及び液滴発生式の導出が必要であるとして、本研究の位置づけ、意義及び目的を述べた。</p> <p>第2章「矩形開放流路における障害物下流の速度分布」</p> <p>障害物後流の気相速度分布を明らかにするため、矩形流路内にスパーサを模擬した障害物を設置し、微小噴霧液滴をトレーサとした気流を流し、障害物下流の微小噴霧液滴(トレーサ液滴)の速度を位相ドップラ・レーザー流速計により測定した。実験との比較により、気流が、模擬スパーサにより分けられた広域部と狭域部の圧力バランスにより流量分配されることが確認された。流路分配により広域部の流速が増し、広域部から狭域部への横方向(燃料棒表面方向)の流れも発生すること(偏流効果)が実験的に明らかにされ、求められた広域部と狭域部の速度を用いて、スパーサ下流で発生する横方向速度分布式を導出した。トレーサ液滴は気流に随伴して移動することから、本章で導出した式は、スパーサ形状変化に対応可能な液滴付着式として用いることが可能である。更に、実験による観察から、トレーサ液滴がスパーサ前面に衝突し付着することで液膜が形成され、スパーサ後端から離脱した液膜が燃料棒表面に付着する効果(run-off効果)が明らかになり、そのモデル化の必要性が論じられた。</p> <p>第3章「リング型模擬スパーサを用いた圧力損失と液膜飛散モデル(液滴発生効果)」</p> <p>円管流路内にリング型模擬スパーサを挿入し、気相単相と水-空気二相流でのスパーサ局所圧力損失を計測することにより、スパーサ形状効果を考慮した二相局所圧力損失式を導出した。本章では、液膜の運動量保存式に、得られた局所圧力損失式を導入することで、スパーサの形状変化に対応する液膜からの液滴発生量が求められた。</p>			

第4章「円管内環状噴霧流でのスプレーサモデルの検証」

円管流路内にリング型模擬スプレーサを挿入し、水-空気環状噴霧流領域でスプレーサ下流の液膜流量及び液膜厚さを計測し、スプレーサ肉厚及びスプレーサと燃料棒との隙間の影響を調べた。第2章で指摘しているrun-off効果モデルの定式化を行うと共に、第2章で導入された偏流効果モデルに基づく液滴付着式及び第3章で提案した液滴発生式を導入した解析を行い、実験結果との比較によりスプレーサ形状効果を検証した。本モデルを導入した解析結果は、スプレーサ肉厚、及びスプレーサと燃料棒との隙間を変化させた場合の液膜流量について、それぞれ実験結果と良い一致を示した。一方、液膜厚さの解析結果は、実験から得られた平均液膜厚さよりも低い結果を示すことが判った。

第5章「円管開放流路での横方向速度分布式と円管内環状噴霧流解析」

円管流路での模擬スプレーサ下流の横方向速度分布の実験結果と第2章で得られた横方向速度分布式とを比較し、円管流路での横方向速度分布式を導出した。円管流路での横方向速度分布式は、2次元矩形流路で導かれた式に付加項として広域部流速の関数を導入することで実験結果と良い一致を示した。更に、本円管流路に基づく液滴付着式を導入した解析結果は、スプレーサ下流の液膜流量をよく予測するが、実験結果に比べ液膜厚さを低く見積もる傾向があり、矩形流路における液滴付着式での結果と同様であった。理由として、スプレーサ後流で発生すると考えられる液膜近傍の気相の速度低下の効果が関係していると論じている。

さらに本章では、提唱している効果モデルの液滴付着量及び液滴発生量への寄与を調べており、スプレーサによる液滴発生量は、気相流速が高い条件では液滴付着量を超えないが、気相流速が低い場合は液滴発生量が液滴付着量を上回ることがあることは、これまでの実験から得られた知見と一致し、本モデルが妥当であることを示した。

第6章「結論」

本論文の各章で得られた結論を総括し、本論文で提唱したスプレーサモデルの今後の課題と、高燃焼度化を目指した燃料集合体設計への適用について述べた。

論 文 要 旨 (英 文)

(300語程度)

報告番号	乙 第 号	氏 名	矢 野 隆
<p>(要 旨)</p> <p>The fuel spacer is one of the components of a fuel rod bundle and its role is to maintain an appropriate rod-to-rod clearance. The fuel spacer influences the liquid film flow distribution in the fuel rod bundle, so that the spacer's geometry has a strong effect on thermal hydraulic characteristics of a Boiling Water Reactor (BWR) such as the critical power and the pressure drop in the fuel bundle.</p> <p>In this study, the effects of spacer shapes on droplet deposition and entrainment were investigated mechanistically on the basis of experimental information. Three mechanisms; drift flow effect, run-off effect and narrow-channel effect, were modeled by being picked out from a physical phenomenon. First, the droplet deposition velocity profile equation was obtained from the axial velocities in both channels by calculating the pressure balance in both the wider and narrower channels split by a spacer. Second, a liquid film deposition phenomenon, which forms on the surface of a spacer by a droplet deposition that was formulated considering the drag force obtained from the velocity profile equation. Third, a liquid film flow limitation model was derived from the momentum conservation equation of the liquid film phase in the field near the spacer. Local pressure drop was modeled for various spacer shapes made for closing the momentum equation.</p> <p>Liquid film flow characteristics were experimentally investigated in a circular channel with ring-type spacers using air and water as test fluids in order to compare with the analytical results that introduce the mechanistic spacer model.</p> <p>The proposed model explains well the experimental results of liquid film flow rates and thickness carried out in reference to the spacer thickness and the gap between the channel wall and the spacer. Analytical results showed drift flow and run-off effects became 80~85% and 15~20% in droplet deposition amounts, respectively.</p>			