

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	矢野 隆	
論文審査員	氏 名	職 名	氏 名	職 名
	主査 木倉 宏成	准教授	赤塚 洋	准教授
	矢野 豊彦	教授		
	高橋 実	教授		
	加藤 之貴	教授		

本論文は「環状噴霧流に及ぼすBWR燃料スぺーサ形状効果のモデル化に関する研究」と題し、6章より構成されている。

第1章「緒論」では、沸騰水型原子炉(BWR)燃料集合体の高燃焼度化のため、燃料の限界出力の向上が課題であると述べ、特に燃料棒間隔を保持する燃料スぺーサが、液滴を燃料棒に付着させ除熱量を向上させることから、重要な構造物であると述べている。スぺーサによる液滴付着効果は、従来、乱流の強さに比例して付着するモデルが考えられたが、スぺーサ形状が変化する場合の液滴付着効果を体系的に説明できないことから、常温低圧の水と空気を用いた、スぺ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ことを述べている。実験での知見に基づき、スぺーサ形状効果を考慮可能な液滴付着及び液滴発生式の作成を目的とし、従来研究を概観した上で、本研究の位置づけ、意義及び目的を述べている。

第2章「矩形開放流路における障害物下流の速度分布」では、矩形流路内にスぺ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、障害物後流の気相速度分布を間接的に得ている。気流は、模擬スぺ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を検証している。流量分配により、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)の流れが発生すること(偏流効果)を実験的に明らかにし、広域部と狭域部の速度を用いて、スぺーサ下流で発生する横方向速度分布式を作成している。トレーサ液滴は気流に随伴して移動することから、本章で作成された式は、スぺ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、トレーサ液滴がスぺーサ前面に衝突し付着することで液膜を形成し、スぺ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)のモデル化の必要性を指摘している。

第3章「リング型模擬スぺーサを用いた圧力損失と液滴発生モデル」では、円管流路内にリング型模擬スぺーサを挿入し、気相単相と水-空気二相流でのスぺーサ局所圧力損失を計測することにより、スぺーサ形状効果を考慮した二相局所圧力損失式を作成している。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、スぺーサの形状変化に対応する液膜からの液滴発生量を求めている。

第4章「円管内環状噴霧流でのスぺーサモデルの検証」では、円管流路内にリング型模擬スぺーサを挿入し、水-空気環状噴霧流領域でスぺーサ下流の液膜流量及び液膜厚さを計測し、スぺーサ肉厚及びスぺーサと燃料棒との隙間の影響を調べている。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章で作成された偏流効果モデルに基づく液滴付着式及び第3章で作られ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ぺーサ形状効果を検証している。本モデルを導入した解析結果は、スぺーサ肉厚、及びスぺ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ている。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結果を得ている。

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」では、円管流路での模擬スぺ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作成している。円管流路での横方向速度分布式は、2次元矩形流路で作成さ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良い一致を示すことを明らかにしている。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、スぺ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は、矩形流路における液滴付着式での結果と同様であり、理由として、スぺ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を考慮できていないことを指摘している。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について調べており、スぺ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ている。

第6章「結論」では、各章において得られた成果を要約し、結論としてまとめている。

これを要するに、本論文はBWR燃料の高燃焼度化のための燃料設計のうち、熱設計に重要な役割を有する燃料スぺーサ形状効果の伝熱流動に影響する液滴付着・発生量を与える式を提唱しており、サブチャンネル解析コードに導入することで燃料設計に役立てることができ、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。