

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

平成23年9月8日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団
会 長 辻 井 昭 雄 様

所属部局 原子炉実験所

職 名 助 教

氏 名 沈 秀 中

助成の種類	平成23年度・研究者交流支援・外国人研究者招へい助成	
招へいた研究者	所属・職名	上海理工大学・准教授
	氏 名	鄧 保 慶
研究課題名	界面積輸送方程式に基づく研究炉安全解析コードの開発	
招へい期間	平成23年8月1日 ～ 平成23年8月30日	
招へい成果の概要	タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有()	
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	450,000円
	使用した助成金額	450,000円
	返納すべき助成金額	0円
	助成金の使途内訳	宿泊・日当 30日×15,000円=450,000円 ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----

「界面積輸送方程式に基づく研究炉安全解析コードの開発」

1. はじめに

中国上海理工大学環境建築学院環境工学系副主任の鄧保慶准教授は、平成 23 年 8 月 1 日から 8 月 30 日までの 30 日間、京都大学原子炉実験所原子力基礎工学研究部門極限熱輸送工学研究分野に滞在して、界面積輸送方程式に基づく研究炉安全解析コードの開発と研究炉の安全解析研究をおこなった。

鄧准教授は、過去ナトリウム冷却高速増殖原子炉の安全解析コード開発と室内空気循環の解析コード開発を担当し、それらに関連している数多くの研究成果を国際学術会議と国際専門誌に発表し、伝熱と流体力学の数値解析の専門家として知られている。その卓越した物理現象のモデル化技術及び数学問題の解析手法は広く認められている。

2. 研究の目的

京都大学研究用原子炉（KUR）の通常運転時、炉心冷却水温度が飽和温度未満であるが、研究炉異常な過度変化時と事故時において炉心内部は沸騰によりしばしば気液二相流状態となる。この沸騰二相流に対して、従来の原子炉安全解析コードは、流動様式線図に依存して界面輸送項を処理し、保守的に安全解析を行った。このような解析では冷却材沸騰二相流の発達過程を不連続粗末的に処理され、研究炉過度変化時と事故時の熱水力現象を精度良く再現できないと批判されている。また、この処理は数値計算の不安定の原因となっている。

本研究は、研究炉炉心矩形流路の入口効果、未発達流れ、気泡の合一、分裂、壁面沸騰等の界面積濃度輸送に及ぼす効果を系統的に表現することが可能な界面積濃度輸送方程式を気液二相流の二流体モデルへ導入し、従来の流動様式線図に依存した原子炉安全解析コードの予測精度を飛躍的に高める研究炉安全解析コードを開発・検証するものである。

3. 成果

鄧准教授が招へいされた研究者として行った研究は招へい者の研究グループの界面積濃度輸送方程式の開発と導入による原子炉安全解析コードの向上研究の一部である。

今回招へい期間中、鄧准教授は既存気液二相流の界面積濃度輸送方程式理論と適用範囲を整理し、気液二相流の界面積濃度を User-defined scalar(UDS)として定義し、界面積濃度輸送方程式を汎用熱流体解析ソフトウェア ANSYS FLUENT に導入してコード化することに成功した。計算例として、京都大学研究用原子炉シリサイド燃料の標準型燃料要素の曲面板間流路内の伝熱と流動を模擬して、そ流路内三次元の数値解析結果は、平成 17-20 年京都大学研究用原子炉燃料低濃縮化の際に招へい者が THYDE-W ソフト、EUREKA-2/RR ソフト及

び COOLOD-N2 ソフトを用いて算出した一次元の速度場と温度場と非常に良く合致した。一次元の計算結果から得られなかった標準型燃料要素のシリサイド燃料板内の温度分布なども、今回鄧准教授の計算結果から分かった。その計算結果により、燃料板が最初溶ける燃料板内最高温度点(hot spot)の所在は燃料板の真ん中ではなく、燃料板の真ん中から燃料要素側面までの中間部であることを新たに判明した。その原因は、曲面板間流路内において、その部分附近の冷却水の流速が一番遅いことである。また、鄧准教授が曲面板間流路内の伝熱と流動と普通矩形流路内の伝熱と流動の比較計算も実施した。その比較計算結果から、曲面板間流路内にある乱流応力係数が普通矩形流路より遥かに大きくて、既存の曲面板間流路が伝熱を促進する効果があることが分かった。

今回の研究成果を踏まえて、今後の研究課題は京都大学研究用原子炉の炉心部全体をシミュレーション計算の対象として、安全解析を実施することと全商用電源停止時京都大学研究用原子炉内部の燃料温度上昇の進展を予測することである。

4. おわりに

平成22年8月鄧保慶准教授が、原子炉実験所所長森山裕丈教授が招待した上海理工大学教授団のメンバーとして、原子炉実験所を訪問し、学内の講演を行った。今回の鄧保慶准教授の再度来日と原子炉実験所での滞在が実現したことや、招へい者も平成23年度中に上海理工大学を訪問する予定であるので、共同研究は更に発展することが期待される。