

Title	軽水型原子力発電プラント炉心における気液二相流動の数値解析モデルに関する研究
Author(s)	児玉, 茂雄
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/50516
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (児玉茂雄)

論文題名

軽水型原子力発電プラント炉心における気液二相流動の数値解析モデルに関する研究

論文内容の要旨

本研究では、気液二相流動の数値解析モデルに関する最新知見を原子力発電プラントの設計および運転における安全性の更なる向上に反映させるべく調査・研究を行った。

第 1 章では、序論として本研究の背景、目的を示し、本研究の位置づけを明確にした上で、本論文の構成について述べた。

第 2 章では、広範囲にわたる熱水力条件下における限界熱流束 (CHF) を解析的に予測する手法を開発することを目的として以下の検討を行った。

CHF 予測モデルとして Sugawara の式を用いたドライアウトモデルを用いて CHF 予測をしたところ、熱平衡クオリティで 0.15~0.2 以上の高クオリティ条件に対しては比較的良好的に CHF を予測できることを確認した。

CHF 予測モデルとして、二相乱流解析モデルにより伝熱面近傍のボイド率を解析的に計算し伝熱面近傍のボイド率が 0.80 を超えると DNB が発生するという DNB モデルを開発し、これにより CHF 試験データを予測したところ、熱平衡クオリティで 0.15~0.2 以下の低クオリティ条件に対しては比較的良好的に CHF を予測できることを確認した。

上記の結果を踏まえ、熱平衡クオリティ 0.15~0.2 程度を境界としてドライアウトモデルと DNB モデルを使い分けることによってある程度の精度で広範囲にわたる CHF を予測することができることを確認した。また、今後の課題を抽出した。

第 3 章では、気泡により誘起される気液二相流動の基礎特性を把握するとともにその特性を適切に表現する合理的なモデルの開発および実炉心条件への適用法について検討することを目的として以下の検討を行った。

気泡により誘起される気液二相流動を二流体モデルにより解析する場合、気泡拡散モデルを導入することにより合理的に計算できることを確認した。ここで、気泡拡散係数は気泡数密度、気泡の大きさ、気液相対速度、および液相の速度勾配を考慮することが適切であることを見出した。

軽水炉において炉心内気液二相流動の特性を把握することが重要となる事象を簡易模擬した実験を実施し、単相流状態では明確な温度成層が形成されるが、気泡が発生し二相流状態となると温度成層の境界面が移動あるいは解消されるという特徴的な現象が観察された。

今後、実験データの蓄積・整理および解析結果との比較、モデルの検証を進め、ここで得られた気泡拡散モデルを実炉心条件を対象とした解析に反映することにより実用的な評価を行うことが可能であることの見通しを得た。

第 4 章では、本研究で得られた結果について総括した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (児 玉 茂 雄)	
論文審査担当者	(職) 氏 名 主 査 教 授 片 岡 勲
	副 査 教 授 赤 松 史 光
	副 査 准 教 授 吉 田 憲 司
論文審査の結果の要旨	
<p>本研究では、気液二相流動の数値解析モデルを開発し、原子力発電プラントの設計および運転における安全性に関わる気液二相流の諸現象を高精度に予測している。</p> <p>種々の条件の下での限界熱流束 (CHF) の正確な予測は、原子力発電プラントの設計および運転における安全性向上に極めて重要であり、本論文では広範囲にわたる熱水力条件下における CHF を解析的に予測する手法を開発している。CHF 予測モデルとしてドライアウトモデル (液膜消失モデル) を用い、液滴、液膜、蒸気流の基礎方程式を厳密に解く事により CHF を予測する手法を開発し、液滴発生、液滴付着量を Sugawara の式によって与えて CHF 予測をし、熱平衡クオリティが 0.15~0.2 以上の高クオリティ条件に対して良好に CHF を予測できることを示している。CHF 予測モデルとして、二相乱流解析モデルにより伝熱面近傍のボイド率を解析的に予測し、伝熱面近傍のボイド率が 0.80 を超えると CHF が発生するというモデルを開発し、これにより CHF 実験データを予測し、熱平衡クオリティが 0.15~0.2 以下の低クオリティ条件に対して良好に CHF を予測できることを示している。これらの結果に基づき、熱平衡クオリティ 0.15~0.2 程度を境界としてドライアウトモデルと二相乱流解析モデルを適切に使い分けることによって高い精度で広範囲にわたる CHF を統一的に予測する手法を開発している。</p> <p>また、原子力発電プラントの停止時や過酷事故時の安全性に重要となる、気泡により誘起される気液二相流動の基礎特性を把握するとともに、その特性を適切に表現する合理的なモデルの開発を行い、実際の原子炉に適用している。気泡により誘起される気液二相流動を二流体モデルにより解析する場合、気泡拡散モデルを導入することにより合理的にその流動挙動を予測できることを示している。モデルの開発にあたっては、気泡拡散係数は気泡数密度、気泡の大きさ、気液相対速度、および液相の速度勾配を考慮することが適切であることを明らかにしている。また、軽水炉において炉心内気液二相流動の特性を把握することが重要となる事象を簡易的に模擬した実験を実施し、単相流状態では明確な温度成層が形成されるが、気泡が発生し二相流状態となると温度成層の境界面が移動あるいは解消されるという特徴的な現象を見だし、これを本研究で開発した気泡により誘起される気液二相流動のモデルにより合理的に説明できることを示している。さらに、実験データの解析結果との比較、モデルの検証により、ここで得られた気泡拡散モデルを実炉心条件を対象とした解析に反映することにより実用的な評価を行うことが可能であることを示している。</p> <p>以上のように、本論文は気液二相流動の数値解析モデルを開発しそれに基づいて原子力発電プラントの設計および運転における安全性の更なる向上において重要となる諸現象の正確な予測を可能としている。この結果は基礎的な学術分野においても、また実際の機器への応用においても極めて有用なものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。</p>	