

原子力技術応用工学科

キーワード

伝熱流動、気液二相流、数値解析流体力学（CFD）、液滴挙動、境界熱流束、原子炉安全解析、シビアアクシデント、核燃料、原子力施設安全、ATF、SMR



教授 / 博士（工学）

松浦 敬三

Keizo Matsuura

学歴

京都大学 工学部 電気工学第二学科、京都大学 大学院 工学研究科 電気工学第二専攻 修士課程、京都大学 大学院 工学研究科 原子核工学専攻 博士課程 研究指導認定退学

経歴

原子燃料工業（株）熊取事業所 技術開発部部长、環境安全部部长

相談・講演・共同研究に応じられるテーマ

伝熱流動現象に関わる技術相談及び解析評価、伝熱及び流体機器設計、原子炉安全性評価

メールアドレス

matsuura-k@fukui-ut.ac.jp



主な研究と特徴

「噴霧流及び環状噴霧流における液滴挙動に関する数値解析的研究」

原子炉冷却材事故時や過酷事故時の原子炉炉心の熱的限界や安全性、信頼性等に大きな影響を与える気液二相流動様式に環状噴霧流や噴霧流がある。これらにおける液滴挙動は、過去において多くの実験に基づいた経験式が提案されてきたが、いずれも実験条件の範囲に限定されるものであり、多種多様な事故時の条件で用いることができる液滴挙動予測手法は確立されていなかった。そこで、液滴挙動の中でも基本的な現象である液滴乱流拡散や液滴伝達現象について、数値流体解析手法を用いて実験によらない汎用的な液滴挙動予測手法開発を目指した。また、噴霧流だけでなく、熱的限界評価に必要な環状噴霧流解析のため、液膜からの液滴発生を考慮した環状噴霧流の数値解析モデルを開発し、液滴質量流量や液膜流量計算を高精度で可能とした。そして、現在、原子炉炉心体系での環状噴霧流解析を行えるよう、オープンソースの3次元流体解析コード「OpenFOAM」を用いた液滴挙動解析、環状噴霧流解析に取り組んでいる。図1は、円管内噴霧流における非定常3次元液滴挙動解析結果を可視化したものである。図2は、円管内の液滴が管壁に付着して液膜厚さが下流に向かって成長している様子を解析によって表現した結果である。今後、実際の燃料集合体の複雑形状も考慮して環状噴霧流の3次元非定常解析を実施し、より現実に近い原子炉の熱流動解析に取り組む予定である。

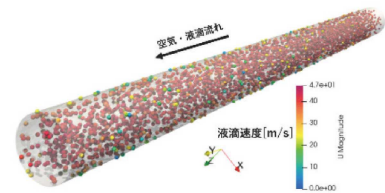


図1. 3次元噴霧流CFD解析

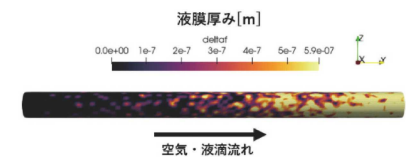


図2. 液滴の管壁付着を考慮した環状噴霧流解析

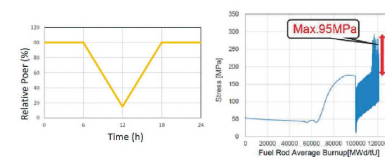


図3. 日負荷運転SMRにおける核燃料応力評価

「小型モジュール炉（Small Modular Reactor : SMR）燃料の実炉適用性検討」

近年、各国においてSMRの研究開発が進められている。SMRは従来軽水炉と比べて、小型で低出力であり、さらに「自然に止まる」、「自然に冷える」といった固有・受動的安全性が向上している原子炉である。海外では、電力網のない遠隔地における電源、熱源としての利用が期待されている。一方、我が国では、全国に電力網が張り巡らされているため、遠隔地用の電源としてはニーズはないものの、太陽光発電のような再生可能エネルギー発電と組み合わせ、カーボン・ニュートラルを実現する手段として注目を集めている。しかし、太陽光発電との組み合わせを考える場合、原子炉の日負荷運転を想定しなければならない。出力を変動させると、核燃料に加わる荷重が変動するため、核燃料の疲労破壊が起こらないことについて確認する必要がある。図3は、原子炉の日負荷出力変動とそれに伴う核燃料被覆管の応力変動を示すものである。核燃料の寿命末期においては、燃料ペレットと金属被覆管が接触するため、出力変動による応力変動が生じていることが示されている。疲労評価の結果、疲労破壊は生じない応力変動であることを確認したが、SMRの実炉適用について今後も検討を進めていく予定である。

今後の展望

単相流解析の分野では、CFD (Computational Fluid Dynamics) が盛んに用いられているが、水-蒸気が混在するような二相流では今まで実験に基づいた相関式を用いた流体解析が主流であった。しかし、近年、二相流においてもCFDが適用されるケースが増えてきている。その背景として、上記に示すオープンソースのコードに対して全世界の科学者・技術者が協力して開発する体制が整いつつあることがある。基本となる流体解析のベースコードの上に各研究者が開発した物理モデルを実装することで流体物理現象の解明は今後加速されることと考えている。

SMRは数年の内に実炉運用される予定であるが、本来目指すところは長期間のメンテナンスフリー（燃料交換も行わない）運転には種々の制限がありまだまだ道のりは遠い。上記に示した疲労評価もその一つである。今後疲労評価以外に長期運転により問題が生じると考えられるFPガス放出についても研究が必要であると考え、

所属学会

日本原子力学会
日本機械学会
日本混相流学会

主要論文・著書

K.Matsuura, I.Kataoka, K.Mishima
“Post-Dryout Heat Transfer Analysis Model with Droplet Lagrangian Simulation” JSME International Journal SeriesB, Vol.49, No.2.(2006)K.Matsuura, I.Kataoka, A.Serizawa
“Annular Dispersed Flow Analysis Model by Lagrangian Method and Liquid Film Cell Model” The 10th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulic (NURETH-10) (2003)