

審査の結果の要旨

氏名 櫻井 克巳

超臨界水を冷却材に用いた新型炉の開発が進められている。超臨界水の利用は火力発電では既に実用化されているが、原子炉で利用するためには熱伝達率や流動様式に関しこれまで以上に正確な知見が必要となる。本論文は超臨界水の代わりに比較的低温低圧で超臨界となる二酸化炭素を用いて強制対流伝熱時の流体挙動の可視化を図り、熱伝達率、流動様式について調べたものである。

第1章は序論であり、研究の背景や既往研究についてまとめ、本論文の位置づけを述べている。

第2章では実験装置について述べている。超臨界二酸化炭素強制循環ループの仕様とともに、伝熱面近傍の可視化のために採用された様々な工夫について説明されている。また、用いられた可視化手法であるシャドウグラフ法、シュリーレン法の原理や特色、得失にも触れている。

第3章では、可視化実験結果とその考察について述べている。二酸化炭素は矩形断面の可視化部で加熱壁から熱を受け取りながら鉛直上方に流れる。まず、各種実験パラメータを粗く変化させ、流動状況の変化の様子をシャドウグラフ法で調べている。その結果、擬臨界点付近では加熱壁面近傍に周辺とは異なる暗く見える流れの層、すなわち局所的な高温・低密度の流体層の発生が観察された。この流体層の発生にはある程度以上の熱流束が必要なことなども確認している。次いで高速度カメラを用い、擬臨界点付近での流体層の挙動を調べている。その結果、これは定常的な低密度流体の層ではなく、あるサイズの流体塊の断続的な群れであることを発見している。これは、亜臨界流体の沸騰による気泡とは明確な界面が存在しないという点で異なることを確認するとともに、その発生条件を調べている。さらにシュリーレン法を用いた観察も実施し、実験パラメータを変化させることで、流体塊の発生は壁温と流体バルク温度での密度差の増大で生じることなども突き止めている。最後に、修正グラスホフ数一定条件、レイノルズ数一定条件、両者の比一定条件の実験を比較することで、実験の範囲内では修正グラスホフ数が密度変動の度合いを支配するパラメータであるという結論を導いている。

第4章では、流速測定実験の結果と考察について述べている。シュリーレン法により得られた画像に輝度相関法を適用し、密度変動の移動が流速を表しているという仮定に基づき2次元流速分布を求めている。結果はポンプによる脈

動まできちんと把握できるものであるが、様々な要因のため定量的な誤差は大きい。しかしながら加熱壁近傍では速度が高いことが確認できるなど、流れに対する浮力の影響等についての考察を可能にするものであり、既往研究の浮力効果を裏付ける結果が得られたとしている。

第5章は結言で、本研究の成果をまとめている。

以上のように本論文は新型炉で採用が考えられている超臨界流体での伝熱挙動について可視化し、超臨界流体特有の低密度流体塊の発生を観察するとともに、流速分布を測定し浮力の効果を確認するなどをしたもので、工学の進展に寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。