

審査の結果の要旨

氏名 森元 雄一郎

沸騰水型原子炉の安全性・経済性を向上させるこれからの概念の一つとして、内蔵CRD（制御棒駆動装置）の研究が進められている。内蔵CRDの設計では、縮小部を持つガイドチムニと呼ばれる流路を沸騰した冷却水が流れる。ガイドチムニの構造安全性・炉心の冷却安定性を確保するには、縮小部を持つ流路内の二相流に関する知見、特にその安定性に関する知見が不可欠である。本論文は縮小流路内二相流に脈動が発生することを発見し、その性質や発生機構について調べたものである。

第1章は序論であり、まず研究の目的や背景についてまとめ、本論文の位置づけを明確化している。次いで、縮小流路を含む異形流路内二相流、大口径管内流を含む二相流一般の既往研究をまとめるとともに、脈動現象発生機構解明に必要な計測手法の現状を述べ、特に本研究において重要な役割を果たす可視化計測手法の現状をまとめている。

第2章では実機で用いられる内蔵CRDガイドチムニとほぼ同スケールで実施した実スケール実験について述べている。作動流体としては水道水と窒素ガスを使用し、圧力はほぼ大気圧である。縮小部上流の流動様式線図がほぼ既往研究と一致することを確認した後、上流ではagitated bubbly flowの領域で脈動が見られない条件においても縮小部下流では脈動流となっていることを発見し、以下ではこの現象に絞って検討を進めている。まずその特性を明らかにするため、多くのパラメータを変化させた実験を実施している。上流がスラグ流であるときは、その脈動の影響が縮小部下流にも伝わるが、この場合周波数は上流のスラグ流のそれとなる。一方、本現象ではガス流量の影響をもっとも強く受け、流路体系等で固有に決まる周波数を持つことから、明らかに上流がスラグ流のとき発生する脈動とは異なる現象である。急縮小ではなくレデューサを用いても発生するが、縮小部を進むにつれ脈動が成長している。次いで、このような特性を基に、発生機構に関する仮説を提唱している。agitated bubbly flowの領域においても気泡の大きさにはばらつきがある。大きめの気泡が縮小部で他の気泡を引き付け、合体して大きくなった後、縮小部出口で分裂する。合体による大きな気泡が間歇的に生じるため、脈動が発生するというものである。

第3章では、可視化実験について述べている。これは実スケール実験の結果

から導いた脈動発生機構に関する仮説を確認するために実施したもので、扁平なレデューサ流路を用いる。ここに水道水と比較的大きな弾丸形の窒素気泡を流し、液相流れの速度ベクトルをダイナミックPIV（粒子画像流速測定法）で、また気相と液相の境界を投影法で、高速同時計測している。その結果、液相の速度は大きな気泡の直後で非常に大きく、これが後方の気泡を引き寄せていることを実際に示した。後方気泡の引き寄せには縮小部での気泡の変形が大きな役割を果たしていることも明らかにしている。この結果から、脈動発生機構についての仮説の主要部を確認できたとしている。

第4章は結論で、本研究の成果をまとめている。

以上のように本論文は内蔵CRDの採用で生じる縮小流路内の二相流について研究し、条件によってはこれまで知られていなかった種類の脈動が発生することを明らかにするとともに、その発生機構について調べたもので、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。