

審査の結果の要旨

氏 名 蘇 秀 賢

気泡流は様々な産業分野で利用されている。例えば、浄化施設の曝気槽、化学プラントの化学反応器、湖沼の水質を浄化する為の自然循環ポンプなどが挙げられる。また、最近では気泡を用いた船舶航行時の推進抵抗の低減、血管造影剤としてのマイクロバブルなどの研究が注目されている。しかし、気泡流における流動現象の構造解明は現象の特性を変化させる支配因子が複雑に存在しているために十分になされているとは言い難く、その現象解明とともにより多くの実験結果の蓄積が望まれている。そこで、複雑な現象の多岐に渡る支配要因を単純化した上で、よく制御された実験的研究を通して流れ場全体の巨視的乱流構造の詳細を明らかにすることが必要である。従って、本研究では基礎的流れとしてチャンネル内上昇気泡流を取り上げ、気泡混入による流動構造の変化を解明することを目的として実験的研究を行った。

本論文の内容は全7章で構成されている。

第1章「序論」には、研究の工学的な背景と目的、そして従来までの研究について述べられている。

第2章「気泡流に関する基礎知識」では、気泡の生成と気泡流における基礎方程式に関して述べられている。まず、単一気泡が運動する際の運動方程式について調べてあり、単一気泡に作用する各力に関して述べられている。また、気泡流の数学的展開として、連続方程式、運動量方程式、エネルギー方程式について述べられている。

第3章「実験装置および計測方法」には、まず、本研究に用いられた実験装置、すなわちチャンネル全体の構成や気泡発生装置について詳細に示されており、本実験で行われた流動の条件および条件選択の理由に関して述べられている。また、測定方法についても示されており、ハイスピードデジタルカメラを用いた画像処理、二次元レーザ流速計を用いた速度場測定に関して詳細に述べられている。最終節では測定したデータの信頼性を算出し、実験誤差が許容誤差内であることが示されている。

第4章「画像処理法による測定結果および考察」では、本実験の条件での気泡流の可視化結果、得られた画像からの平均気泡径分布および局所ボイド率の分布の結果について示されている。本研究で構築された実験装置で良く制御された単分散の微小気泡群が得られること、また、それらの小さい気泡が壁近傍へ強力に集積しクラスタを形成すること、局所ボイド率分布が壁面近傍にピーク値をもつことなどが示されている。

第5章「二次元レーザ流速計による測定結果および考察」では、レーザ流速計を用いて行った単相流での測定結果および気泡流での測定結果を比較・解析した結果について述べ

られている。その結果と第4章の結果をまとめ、気泡流での流動構造に関して次のようなモデルを提案している。流れから揚力を受けた気泡が壁近傍に集積し、壁近傍の液相が浮力により駆動されるようになると、その気泡集積部を境界に壁近傍とチャンネルの内側の流れは異なる構造を持つようになる。また、集積部の内側のチャンネル中央部では存在する気泡が流動構造の支配的要因であることが示されている。

第6章「気泡クラスタの画像計測」では、本実験での気泡集積によって作られる気泡クラスタに対して PIV による計測を行い、気泡クラスタの存在によって壁近傍の流動構造が影響を受けること、また、クラスタの変形はクラスタ内部における上昇速度差によることなどが示されている。

第7章「結論」では、本研究の結論が述べられている。垂直チャンネル内上昇流を対象にし、良く制御された気泡群を混入させることによって、チャンネル流れの流動構造は気泡集積により作られる気泡シートを境界に壁面近傍とチャンネル中央部で異なる流動構造を示すようになり、チャンネル中央部では存在する気泡から作られる疑似乱流が流動構造の支配的要因であることを示し、気泡流の流動構造特性に対する有益な知見が得られている。

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。