

氏名	KHINE TUN NAUNG			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第9018号			
学位授与年月日	平成31年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	Study on Micro-Bubble Two-Phase Flow in a Converging-Diverging Nozzle (狭まり-広がりノズル中のマイクロバブル二相流に関する研究)			
主査	筑波大学 教授	工学博士	文字 秀明	
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	阿部 豊	
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	西岡 牧人	
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	金子 暁子	
副査	産業技術総合研究所 主任研究員	博士(工学)	Cheong Kar-Hooi	

論文の要旨

審査対象論文は、マイクロバブル気液二相流を作動流体して用いることにより狭まり-広がりノズル内の速度滑りを低減させることを提案し、その場合の適切な流動条件を示したものである。

第1章では、気液二相流を作動流体とした場合の狭まり-広がりノズル内の流動に関する問題点を示し、その解決策として速度滑りの小さなマイクロバブル二相流を用いることを提案している。第2章では本論文で用いた実験装置と計測系を示している。第3章では渦崩壊を利用したマイクロバブルジェネレータによりマイクロバブルを生成し、そのマイクロバブル二相流を狭まり-広がりノズルに流した場合の流動特性を示すと共に、超音速流が得られることを示している。第4章では、二酸化炭素を用いた加圧溶解法により生成したマイクロバブル二相流を狭まり-広がりノズルに流した場合の実験結果を示している。気泡の発生に時間遅れがあるため、スロート部で二相流とならなかったことが報告されている。第5章では第4章で用いた加圧溶解法を改良し、狭まり-広がりノズルの上流にオリフィスを設けた場合の実験結果を示している。オリフィスでは一旦、圧力が低下するため、マイクロバブルが出現し、二相流の状態では狭まり-広がりノズルを流れる。流れが超音速流になる場合があることを示している。第6章では第5章で示した実験体系で、オリフィスをベンチュリ管(狭まり-広がりノズル)に置き換えた場合の実験結果を示している。上流側タンク内の二酸化炭素分圧を系統的に変え実験を行い、スロート部でボイド率が高くなる場合に超音速流になることを示した。しかし、上流側タンク内の二酸化炭素の割合が100%であると気泡の発出量が多すぎ、逆に超音速流にならないことも挙げ、適当な二酸化炭素の割合やボイド率があることを示した。第7章は加圧溶解法での実験結果を比較し、超音速流となる適切な条件を検討している。第8章は論文の結論を述べている。

審査の要旨

【批評】

気液二相流は、液体の大きな熱容量と気体の圧縮性の特徴を合わせ持ち、狭まり-広がりノズルの作動流体として用いると、ノズルをコンパクトなエネルギー変換機器とすることができる。一方、気液間の速度滑りのため、十分な効率を得ることができないことも従来の研究で指摘されていた。本論文はマイクロバブルを用い、その問題を解決しようと試みており、工学的に意義のある論文である。

論文ではまず、マイクロバブル気液二相流を生成し、それを作動流体として狭まり-広がりノズルに流すと、設定した圧力条件下で超音速流れとなることを確認している。また、通常用いられるミリメートルサイズの気泡を含んだ気液二相流の場合と比較し、マイクロバブルを用いた方が速度滑りが小さくなることも確認し、研究目的に設定した成果を挙げている。

次に、従来の発電システムなどでは熱エネルギーを与えて、流体に仕事を行わせるサイクルが一般的であり、これに応用するため、相変化のあるマイクロバブル生成法である加圧溶解法を用いた実験を行っている。減圧により单相流から二相流になる過程を経た流れの狭まり-広がりノズルでの流動特性を調べることは、将来の沸騰二相流の利用につながる基礎研究として意味がある。

当初、加圧溶解法を用いた場合、狭まり-広がりノズルでは超音速流れを得ることはできなかったが、オリフィスやベンチュリ管を用いる工夫を行い、超音速流れを得ることに成功している。このようなノズルの構成についての提案は工学的に重要であり、今後の研究の進展に寄与するものである。また、ボイド率が高いと超音速流れを得ることができないことも指摘し、適切な流動条件を示した点は工学的に意義のある結果と評価できる。

以上のように本論文は狭まり-広がりノズルでのエネルギー変換効率を上げるためにマイクロバブルの利用を提案し、さらにその動作の確認と適切な流動を示しており、工学的に価値があると認められる。

【最終試験の結果】

平成31年1月30日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。