

氏名（本籍）	戸	瀧	敏	孔 <sup>のり</sup>	（神奈川県）		
学位の種類	工	学	博	士			
学位記番号	博	甲	第	4	6	4	号
学位授与年月日	昭和62年3月25日						
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当						
審査研究科	工学研究科						
学位論文題目	気液二相流における波の特徴と成長・消滅の機構						
主査	筑波大学教授	工学博士	森	岡	茂	樹	
副査	筑波大学教授	工学博士	安	達		勤	
副査	筑波大学教授	工学博士	本	間	琢	也	
副査	筑波大学教授	工学博士	吉	澤	能	政	

## 論 文 の 要 旨

本研究の目的は、気泡流に本質的と見られる気泡と液相の間の相対並進運動および気泡の膨張・収縮運動の効果を考慮した希薄気泡流モデルに基づいて、気泡流中に存在する波のモード、気泡と液相の相互作用に起因する複雑な伝播特性、特に流路の圧力損失や熱輸送速度と深いかわりをもつ波の発生、成長、減衰、消滅の機構を理論的に解明し、結果をノズル内の気泡流に見られる乱れの特徴と関連させて立証することにある。さらに、モデルを液相が導電性をもつ場合へ拡張し、普通の気泡流の基本波動特性が外部磁界によってどのように変化するかを示すことにある。

まず、分散関係式の解を数値的および近似解析的に調べ、4つの伝播波モードと2つの対流波モードの存在することを示している。4つの伝播波モードは変った伝播特性をもっており、特にその2つは、気泡の固有振動数と主流のマッハ数に依存する臨界振動数以上で、カットオフ同然の強い減衰を受けることを見いだした。一方、主流に速度滑りがあるとき、対流波モードの1つの時間・空間的に成長することを示し、その成長速度が主流条件によってどのように変化するかを示している。

また、変った伝播特性をもつ各波モードの振舞、加えられた変動エネルギーの各波モードへ

の配分を明らかにするため、速度滑りのない一様な主流のある位置である時刻から主流に平行な振幅の小さい圧力変動を加えた場合の初期値一境界値問題を正確に解いて、発展する波の様子を調べている。解はラプラス変換の手法を用いて求められている。波の伝播特性は、変動波源の振動数に対応する極と臨界振動数に対応する分岐点との相対位置、それらの特異点を回る積分によって特徴づけられる。結果として、位相速度が負、群速度が正で、位相速度の方向に振幅が増すが、時間的に発展しない波の振舞が明らかにされた。また、変動が加えられる点における各波モードの振幅の自乗の比から、各波モードに配分されるエネルギーの比率を求め、主流のマッハ数が低いとき加えられた変動のエネルギーの大部分がカットオフモードに配分されることを見いだしている。主流に速度滑りがある場合についても、気泡の体積振動を無視して、同様な初期値一境界値問題を解き、主流のマッハ数が低いとき、不安定を引き起こす対流波モードへ配分されるエネルギーの比率が小さいことを示している。

次に、このような波の特徴が、せばまり一ひろがりノズル内の気泡流の圧力変動に現れる可能性を指摘した。特に、圧力勾配が大きく速度滑りが最大となるスロート部では対流波の不安定が見られること、主流のマッハ数が低い場合、圧力勾配および速度滑りがなくなるスロート下流で伝播波のカットオフが見られることを予測した。実験は、水と窒素ガスを用いる可視二相流ブローダウン装置により行われた。流路中心線上のノズル壁に取り付けた圧力変換器からの出力信号に基づき、4つの測点での圧力変動の大きさおよびパワースペクトル密度関数を調べている。また同じ測点でレーザードップラー流速計で液相流速を、複抵抗プローブで気泡速度、気泡弦長、ボイド率を測定している。実験の結果は先の理論的予測が、単にそれらの存在だけでなく、臨界振動数や成長速度の主流条件との関係まで、少なくとも定性的に一致することを示している。

論文の後半では、希薄気泡流モデルをMHD効果を含めて一般化し、それに基づきMHD気泡流の基本波動特性を調べている。まず主流に電流が流されていない場合、一様流れと一様磁界が直交する配置について、磁気ストークス近似の範囲で、分散関係式の解を数値的および近似解析的に調べている。伝播波モードがすべて減衰を受けること、対流波モードが中位のボイド率では成長が抑制されるが、十分小さいボイド率ではむしろ助長されることが示されている。これらの結果は、混相液体金属ブローダウン実験で測定された出力電圧変動の外部磁界の増加に伴う減少によって確かめられている。

最後に、主流に電流が流れている場合、気泡が十分小さい極限として得られる均質流モデルについて、主流の成層構造が流れの安定性に及ぼす効果を調べている。ボイド率が大きいところでは、振幅の簡単な主流依存をもつ平面単色波の解が見いだされ、流れが安定であることを示している。ボイド率が中位以下では、そのような簡単な構造の波はない。特性曲線法による数値計算の結果、ボイド率が小さいところでは、流速および圧力の変動の相対的大きさが、上流へ伝播するときは減衰するが、下流へ伝播するときは成長し、その成長速度は磁界の強さとともに増加することが示されている。

## 審 査 の 要 旨

本研究は、二相間の相互作用によって気泡流に特有な波のモードおよびそれらの伝播特性について、多くの新しい事実を理論的に示した。また、ノズル内の気泡流における流れの諸量を測定して、理論の結果を検証するとともに、ノズル内気泡流に現れる乱れの特徴と機構を明らかにした。

新しい事実として特に注目されるものは、4つの伝播波モードと2つの対流波モードの存在、伝播波モードのある臨界振動数以上でのカットオフ、空間的に成長するが時間的に有限にとどまる波の存在、主流に速度滑りがある場合の対流波モードの不安定である。

伝播波のカットオフおよびその臨界振動数の主流条件との関係は、これまで粘性効果で説明できなかった低速気泡流における中間振動数の変動の消失を説明した。また、対流波に関する研究は、その観測されにくい理由および観測できるための条件を明らかにした。

次に、平均化の方法を用いて気泡流モデルをMHD効果を含めて一般化した。これは新しい試みといえる。磁界方向、主流パラメータに制限はあるが、今後一般化する上で有用である。二相流がMHD効果によって单相流の場合ほど強い安定化を受けない事実も明らかにされた。

理論的解析および計測の手法は特に新しいものではないが、いろいろな手法をうまく応用し、複雑な気泡流の波動特性を解明し、多くの新しい知見を与えたことは、工学への寄与も大きく、評価できる。

よって、著者は工学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。