論文審査の結果の要旨

氏名　李　　允煥

本論文は５章からなり，第１章は序論で，第２章では先冷却混合型吸収器の構成に必要なノズル，エジェクタ内の流動特性，吸収特性を明らかにし，第３章ではノズル入口がサブクール液状態にある臭化リチウム水溶液を用いてフラッシング現象を伴う先細末広形の二相膨張ノズル内の流動を解明し，第４章では二相流ノズルの性能低下を改善する方法を考案し，それが喉部圧力アンダシュートとノズル末広部内圧力分布に及ぼす影響を解明している。第５章は結論である。

第１章では，吸収過程の物質伝達過程と熱伝達過程を分離することによって，空冷熱交換技術を適用することができ，吸収冷凍機の空冷化が可能となるとともにそれぞれの伝達現象の促進が容易になるという考え方に基づき，従来の流下液膜型吸収器の代わりに，冷媒蒸気吸収と冷却を分離する手法として先吸引混合型吸収器と先冷却混合型吸収器の二つの新しい概念の吸収器を提案している。

第２章では，作動条件とノズル，エジェクタ形状を変化させ，エジェクタ内の流動特性，吸収特性を明らかにするとともに，先冷却混合型吸収器の構成に必要な定量的なデータを取得するために臭化リチウム－水系エジェクタ内流動を取り上げ，実機レベル条件で臭化リチウム水溶液噴流への冷媒蒸気断熱混合・吸収試験を行っている。実験条件において，エジェクタ内の水溶液流動はエジェクタ内でチョーク現象は見られなかった。また，駆動流の噴流による冷媒蒸気エントレンメントは認められず，冷媒蒸気の吸引はサブクール臭化リチウム水溶液噴流への冷媒蒸気の吸収によるものである。吸収量は噴流パターンにより相違を示すが，液流量の増加に伴う微粒

化によって増加する傾向を，ノズルによってはホローコーンスプレーでは 1.56 wt%の最大濃度差を示した。ホローコーンスプレーの場合，エジェクタ内全体吸収量の 85%が強い乱れとサブクールにより長さ 10-15 ㎜程度の液シート領域内で行われることを明らかにした。

第 3 章では，ノズル入口がサブクール液状態にある臭化リチウム水溶液を用い，フラッシング現象を伴う先細末広形の二相膨張ノズル内の流動を取り上げ，実験的・解析的研究を行っている。先吸引混合型吸収器に用いるエジェクタでは，臭化リチウム水溶液の駆動流が液単相から気液二相への相変化に伴って音速値の低下により，ノズル内で二相臨界流となるため，膨張機として先細末広形の二相膨張ノズルを用いる必要がある。先細末広ノズル内喉部近傍のフラッシングの位置や形の相違は臨界流量だけでなく，先細部から流出するジェット流の分裂など, 下流側の挙動にも大きく影響を及ぼす。喉部近傍の流動を観察した結果，喉部付近の流動状態は喉までの先細部流れでは壁面キャビティや液バルクからの非均質核生成による気泡生成の様子は認められず，喉部エッジを初生点とする蒸気生成を伴う液ジェット流であり，下流のノズル末広部はミスト流であった。喉部には圧力アンダシュートが存在し，入口温度の上昇とともに増加する傾向を，Re_c数の増加とともに減少する傾向を示した。また, ノズル流出係数は本実験条件範囲において 0.93 の一定の値を示し，Fincke らの相関を用い算出した臨界流量は実験値と良く一致する。ノズル末広部内の流れに関しては，圧力分布測定と解析結果からノズル末広部内流れの気液間スリップが大きいことがわかるが, 広がり角が小さいノズルの場合，気液間スリップは低減する。先細部からの液ジェット流は入口温度と入口圧力の上昇に伴い微粒化する傾向を示した。

臭化リチウム水溶液を作動流体とする先細末広形の二相流ノズルは，喉部に存在する圧力アンダシュートとノズル末広部の二相流域で生じる気液間スリップのため，ノズル効率が低下する。第 4 章で

は，二相流ノズルの性能低下を改善するため，喉部近傍にグリッドを設ける方法とノズル内でキャビテーションを発生させる方法を用い，それが喉部圧力アンダシュートとノズル末広部内圧力分布に及ぼす影響を検討するための実験的な研究を行っている。喉部直前にグリッド設置することによる乱れ効果は喉部圧力アンダシュートを低減させるが，喉部下流の末広部での気液間スリップの低減に及ぼす影響は少ない。平行部内のキャビテーション流動を観察した結果，発生したキャビテーション気泡により入口圧力の増加につれて下流はかく乱，混合される。その際，キャビテーション気泡の発生により相間熱非平衡が緩和され蒸気発生量が増加するため，相変化遅延による圧力アンダシュートがほとんど存在しない。キャビテーション発生の際，下流側の乱れと混合によりノズル末広部の圧力分布はシャープエッジノズルと比較し，均質平衡流れに近づき，気液間スリップが低減することを明らかにした。

第５章は，本論文の結論である。本研究の第３章，第４章は飛原英治，竹村文男との共同研究であるが，論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので，論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上のように，本論文では吸収冷凍機の吸収器を熱移動と物質移動を分離させる混合型吸収器を提案し，その重要な要素機器であるノズルおよびエジェクタの性能を実験及び理論により検討し，先冷却混合型吸収器が有望であるとの知見を得ており，博士（環境学）の学位を授与できると判定する。