

機械・構造システム工学専攻	学籍番号	931107	指導教官氏名	中川 勝文	助教授
申請者氏名	杉浦 崇之			三田地 紘史	教授
				日比 昭	教授

論文要旨(博士)

論文題目	圧縮性ミスト流に関する基礎的研究
------	------------------

(要旨 1,200 字程度)

地球規模の環境問題、省資源・省エネルギー問題の重要度が年々増している今日、地熱や工場からなどの廃熱エネルギーの有効利用が求められている。単成分二相流ノズルは作動流体の熱エネルギーを運動エネルギーに変換する働きがあり、地熱や工場廃熱を有効に回収できるトータルフローシステムなどに適用されているが、作動流体として熱水を用いた場合そのエネルギー変換効率は40%程度と低く効率改善が求められている。

ノズル内は、圧縮性が重要となる高速ミスト流となっており、閉塞現象や衝撃波の発生だけでなく相間に非平衡現象が存在する複雑な流れとなっている。これまでの実験的研究から、ノズルのエネルギー変換効率低下の原因は、相間の速度や温度非平衡にあると指摘されており、また、ノズル末広部に気体力学の擬似衝撃波に似た圧力分布の発生が知られている。しかし、これらの現象を理論的に説明する研究はほとんどなされていない。そこで本研究では、このノズル内における圧縮性ミスト流の基礎的な流体力学的性質について明らかにした。

まず、相間の速度緩和現象に注目し単純な流れのモデルを構築し、速度緩和が圧縮性ミスト流をどのように特徴付けるかを明らかにした。流れは速度緩和時間によって特徴付けられ、速度緩和時間が無限小となる極限では相間に速度差がない速度平衡流となり、無限大となる極限では相間に相互作用がなく独立に流れる速度凍結流となる。流れのマッハ数が1よりも小さい亜音速流において、流れが臨界に達したように振る舞い衝撃波が発生する。流れが速度平衡流に近い場合は、速度平衡流の衝撃波が速度緩和現象によって分散した分散衝撃波が発生し、反対に速度凍結流に近い場合は気体力学の擬似衝撃波に似た圧力分布を示す擬似的な衝撃波が発生することを示した。

次に、速度緩和に加え温度緩和を考慮し、温度緩和が亜音速流中に発生する衝撃波に与える影響について調べた。その結果、本研究で対象としたクオリティの小さいミスト流では、相間の熱輸送つまり温度緩和現象は亜音速流中に発生する衝撃波の性質にはほとんど影響を与えず、速度緩和時間によってその衝撃波の性質が決まることを示した。また、分散衝撃波では大きなエントロピ生成があり、擬似的な衝撃波ではエントロピはほとんど生成されないことを示した。

さらに、単成分ミスト流中で本質的な現象である相変化を考慮し、相変化が亜音速流中に発生する衝撃波に与える影響について調べた。その結果、亜音速流中に発生する衝撃波は速度緩和現象によって特徴付けられ、相変化はその波形には大きく影響を与えないことを示した。しかし、相変化平衡流に近い流れでは、液相から相変化に必要な熱量が供給されるためクオリティが大きく増加し、同時に熱エネルギーが運動エネルギーに変換されることによって大きな流速を得ることができることを示した。

実験的研究で得られた擬似的な衝撃波の圧力分布は、亜音速流中に発生する衝撃波であり、ミスト流中の速度緩和現象によって説明できる。エネルギー変換効率の高いノズルを設計するためには速度緩和時間が小さくする必要があることを理論的に明らかにした。