

機械構造システム工学専攻	学籍番号	069106	指導 中川勝文 日比 昭
申請者 氏名	ベラナ メナンドロ セラノ BERANA MENANDRO SERRANO		

論文要旨 (博士)

論文題目	Characteristics and Shock Waves of Supersonic Two-phase Flow of CO ₂ through Converging-diverging Nozzles (先細末広ノズル中の二酸化炭素超音速二相流の特性と衝撃波)
------	---

(要旨 1,200 字程度)

近年、地球温暖化やオゾン層破壊などの問題の観点から、省資源や省エネルギーに関する研究が広くおこなわれている。その中で、冷凍サイクルに使用される冷媒はこれらの問題に対する寄与が大きく、環境に対する負荷の小さい自然系冷媒を使う研究が進んでいる。この中で、炭酸ガスは地球環境に対する負荷の小さい冷媒として、注目を集めており、炭酸ガスを冷媒に用いたエジェクタシステムなどの研究が行われている。

炭酸ガスエジェクタシステム内の流れは気液二相流になっており、エジェクタ内に設置されたノズル内には二相流衝撃波などが発生する。二相流衝撃波の発生により、ノズルのエネルギー変換効率を大きく下げることになり、サイクル自体の効率を大きく低下させてしまう。しかし、二相流ノズル内に発生する衝撃波に対する研究は、実験および理論ともに研究はあまり行われていない。本研究では、二相流ノズルのエネルギー変換効率を実験により明らかにし、ノズル内に発生する衝撃波の特性を実験および数値解析によって示し、また、二相流衝撃波が与えるノズルのエネルギー変換効率への影響を明らかにした。また、今回の研究結果の産業界への応用についての議論を行った。

最初に、二相流ノズルのエネルギー変換効率を計測するため、形状の違うノズルを用意し、入口条件を圧力(6-9 [MPa])および温度(20-47 [°C])と変化させて実験をおこなった。実験結果からノズル内の膨張特性は均質平衡理論に従うことを示した。また、今回の研究結果から、気液二相流の損失を表す Blasius の式の抵抗係数を修正し、二相流先細末広ノズルの損失に適用できる新たな摩擦係数を示した。

次に、二相流ノズル中に発生する衝撃波は、弱い疑似衝撃波と分散衝撃波が存在することを実験および数値解析を通して明らかにした。気液相間の緩和過程の度合いを表す緩和時間が短い場合には疑似衝撃波が発生し、長い場合には分散衝撃波が発生する。これらの衝撃波の形態を数値解析によって明らかにし、液滴径が大きい場合には疑似衝撃波が発生し衝撃波による液滴の減速が起こりにくく、分散衝撃波は液滴径が小さい場合におこり、液滴の減速が起こりやすいことを示した。また、実験から入口のエントロピおよび開き角の増加に伴って、衝撃波の形態が疑似的衝撃波から分散衝撃波に変化することを明らかにした。

最後に、今回の研究対象とした炭酸ガスを用いた熱機器、特に二相流エジェクタを用いた冷凍サイクルや地熱発電用の熱システムの設計に役立てることを示し、今後の産業界への応用例を示した。