

補助事業番号 2023M-335

補助事業名 2023年度 エジェクタ冷凍機における新しいエジェクタ内流動方法の評価 補助事業

補助事業者名 東京海洋大学 國吉直

1 研究の概要

排熱などの熱エネルギーを利用して駆動することができる熱駆動型エジェクタ冷凍機では、成績係数が低いという問題点があり、成績係数を向上させることが実用化に向けて重要である。一般的なエジェクタでは、エジェクタの中心に位置するノズルから駆動流が流れ、その周りを吸引流が流れる構造となっている。そこで本研究では駆動流と吸引流の流れを入れ替えることによるエジェクタ性能の向上の可能性を明らかにするため、数値シミュレーション(CFD)によるエジェクタ内の流れの解析を行った。

2 研究の目的と背景

2050年のカーボンニュートラルに向けて、太陽熱、廃熱、コージェネレーションシステムおよび燃料電池などからの利用可能な熱エネルギーを有効利用することが重要となる。一方、夏季には冷房需要が多く、一般的に電気駆動のヒートポンプが利用されていることから、電力需要が増加している。そこで特に利用が難しかった低温の熱を利用して冷房需要を賄うことができれば消費電力の削減につながり、さらに省エネルギー化に貢献する。熱駆動型冷凍機であるエジェクタ冷凍機では熱を主な動力源として駆動することから消費電力を削減することが期待できる。また、電力供給が不安定で冷熱需要がある地域においても、太陽熱や廃熱を利用した冷熱供給が可能となる。エジェクタ冷凍機では主要部品であるエジェクタに駆動部がなく構造がシンプルであり、メンテナンス性がよいというメリットがある。一方で他の熱駆動型冷凍機(吸収冷凍機、吸着冷凍機)に比べ成績係数が小さいというデメリットがあり、その点を改善することが今後の実用化に向けて重要である。エジェクタ冷凍サイクルでは、熱を利用して発生させた高温高圧の冷媒蒸気をエジェクタ内中央に位置するノズルから噴出させ(駆動流)、その流れを利用して蒸発器からの冷媒を吸引する(吸引流)形となり、駆動流の周りを吸引流が流れることになる。一般的にはこのような流れになっているが、この流れ場を大きく変更することで性能向上の可能性を検討することは重要である。そこで本研究では、駆動流と吸引流の流れ場を入れ替える(エジェクタの壁面に沿って駆動流を噴出し、エジェクタの中心部に吸引流を生じさせる)ことによる性能向上の可能性を検討するため、数値シミュレーションを実施し、その性能を明らかにすることを目的として研究を行った。

3 研究内容

(1) 数値シミュレーションを用いた新しいエジェクタ内流動方法の評価

(URL) <https://www2.kaiyodai.ac.jp/~nkuniy0/2023JKA.html>

エジェクタ内の流動を検討するにあたり、OpenFOAMを用いた数値シミュレーションを行った。初

めに、OpenFOAMによるエジェクタ解析の妥当性の検証を行うため、本研究室でこれまでに行っているエジェクタ冷凍機での実験結果と、OpenFOAMによる数値シミュレーション結果の比較を行い、その妥当性について検討した。

次に、研究室で所有する既存のエジェクタを基に、駆動流と吸引流の流路を入れ替えた場合のモデルを作成した(Ejector A)。この際、駆動流の流路断面積が変化しないように調整を行った。また、駆動流のエジェクタへ流入する角度を変更した場合のモデルも作成した(Ejector B)。それぞれのモデルを図2および図3に示す。実際の数値シミュレーションでは二次元軸対称として数値シミュレーションを実施しているため、図の上半分をシミュレーションする形となる。

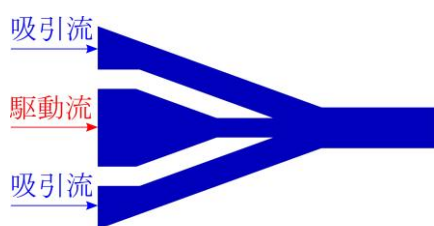


図1 既存のエジェクタノズル部拡大図

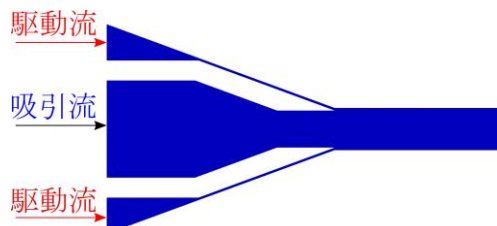


図2 ノズル部拡大図(Ejector A)



図3 ノズル部拡大図(Ejector B)

図4に一般的なエジェクタ冷凍サイクルにおける凝縮温度と質量流量比(駆動流の質量流量に対する吸引流の質量流量の割合)の関係を示す。質量流量比は成績係数と関係しており、質量流量比が大きくなれば成績係数の値も大きくなる。また臨界凝縮温度が高いほど、凝縮温度を高く設定できるメリットがある。今回の研究では質量流量比と臨界凝縮温度を用いて性能を評価した。図5は既存のエジェクタでのシミュレーション結果例(速度分布)を示している。この図では二次元で求めた結果を基に三次元表示をしている。今回の数値シミュレーションでは、既存のエジェクタと新たに作成したEjector AおよびBにおいて凝縮温度を変更した場合の数値シミュレーションを実施し、質量流量比および臨界凝縮温度を比較しその性能の違いを評価した。

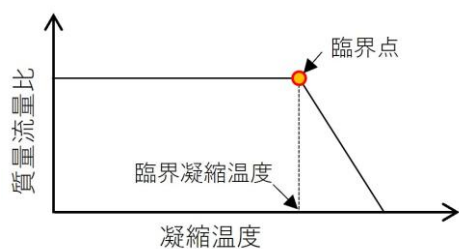


図4 凝縮温度と質量流量の関係

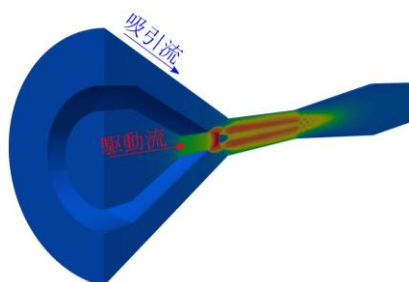


図5 速度分布例

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

熱駆動型冷凍機であるエジェクタ冷凍機が実現し普及することができれば、これまで利用されていなかった廃熱等の有効利用に繋がり、カーボンニュートラルに向けた省エネルギー化に貢献することができる。本研究はこの熱駆動型エジェクタ冷凍機の開発に貢献する。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究はこれまでエジェクタ冷凍機での研究において使用されていたエジェクタの流動方法とは異なるエジェクタ内の流動を入れ替えた新たな流動方法を検討したものであり、これまでになく新たな試みである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

國吉直, 伊藤瑤姫, 笹原滉大, 小嶋満夫, OpenFOAMを用いたエジェクタ冷凍サイクル性能評価の検討, 日本機械学会関東支部第30期総会・講演会, 14D11, 東京(2024), 口頭発表

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

特に無し

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特に無し

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 東京海洋大学

(トウキョウカイヨウダイガク)

住 所: 〒135-8533

東京都江東区越中島2-1-6

担 当 者: 助教 國吉直(クニヨシナオ)

担 当 部 署: 学術研究院 海洋電子機械工学部門

(ガクジュツケンキュウイン カイヨウデンシキカイコウガクブモン)

E - m a i l: nkuniy0@kaiyodai.ac.jp

U R L: <https://www2.kaiyodai.ac.jp/~nkuniy0/index.html>