

研究成果報告書

所属機関	職名	氏名
国士舘大学 理工学部	教授	大高 敏男

研究テーマ

低温廃熱利用メンテナンス不要小形密閉形膨張機搭載の小形バイナリ発電装置

研究報告

1. 研究の背景と目的

1-1 研究背景

近年、エネルギーの有効利用の観点から、再生可能エネルギーの利用やこれまで利用されることがなく廃棄されていた工場廃熱や余剰温泉廃熱などに関する関心が高まっている。しかし、これらのエネルギーは比較的低密度で広く存在していることから、その回収と利用可能な状態にエネルギー変換する技術が課題となっている。これに類似した目的で、バイナリ発電システムの開発例があるが、完全にメンテナンスを必要とせず、小形で持ち運び可能な発電システムはみあたらない。

1-2 目的

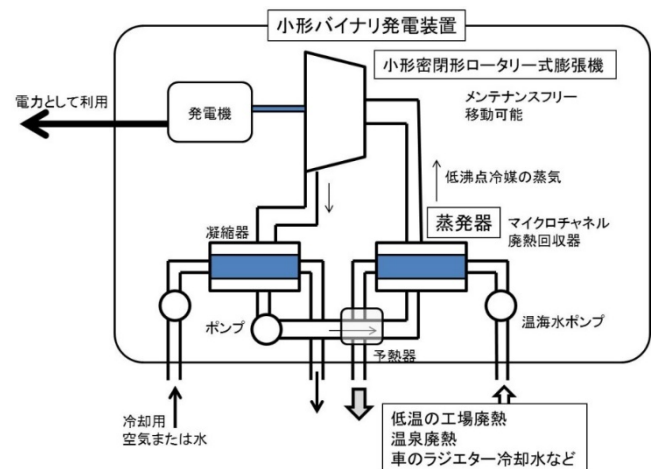
本研究は、工場から排出される廃熱や余剰な温泉熱といったこれまで廃棄するしかなかった低密度な低温廃熱を回収し、利用可能なエネルギー形態に変換する小形密閉形膨張機を搭載したメンテナンス不要で移動可能な発電システムを開発することを目的とするもので、地球環境問題やエネルギー問題の課題解決に資するものである。具体的には100℃から150℃程度の廃熱を熱源として動力出力を得る新しい小形密閉形ロータリー式膨張機を開発する。また、廃熱回収用熱交換器に関する方向付けを行い、小形発電システムとして有効性を検証する。

本研究によれば、これまで利用できなかった低温の廃熱を回収・再生利用できメンテナンス不要な分散型小形発電システムを実現することが可能となる。また、車載用などの応用にも十分可能であり、分散型小型発電システムとして広く展開される可能性がある。

2. 研究成果および考察

2-1 目標とするシステムの概要

図1に本研究の目標とシステムの概要を示す。システムは、膨張機、蒸発器(廃熱回収熱交換器)、凝縮器、ポンプ、これらの構成要素を結合する配管によって構築される。図中には作動流体の流れを矢印で示している。ポンプにより昇圧された作動流体(例えばHFC134a)は、蒸発器(廃熱回収



熱交換器)によって、100℃以上の蒸気に加熱される。これを膨張機に導き、膨張により発電機を回し、発電をする。膨張機を出た作動流体は、復水器にて凝縮し、再びポンプへ戻る。

2-2 小形密閉形膨張機的设计・試作

本研究では、これまで本研究室で開発していた小形密閉形ロータリー式膨張機に対して、新たに低沸点の作動流体 (HFC134a) に対応させた小形密閉形ロータリー膨張機を設計・試作した。これは、図2に示すような①②③④①の順で作動流体を循環させるランキンサイクルの膨張過程に用いる最重要構成部品である。作動流体をHFC134aとすれば、熱源温度を100℃と仮定し、図中の③から④までの膨張過程に膨張機を搭載する。このようにして設計した膨張機の仕様を表1に示す。理論出力は、膨張機の回転周波数が60 [Hz]の時500 [W]である。

表1の仕様で新たに試作した膨張機の外観と主要部品を図3に示す。実験の汎用性を考慮して本機はフランジケースに構成している。また、機構部は揺動式ロータリー機構を用い、2シリンダとしている。吸気は図4に示すようにシャフトの中に吸気通路を構成し、シャフトを介して行うようにしている。吸気-膨張-吐出の行程は図5に示すとおりである。また、機構部下部の副軸受には図4に示すように容積式オイルポンプを構成し、各部の摺動部へ給油できるようにしている。図6は、シリンダ内部構造を示している。シャフトの回転に伴い、偏心してローリングする揺動ローラシリンダの間に構成される三日月形状の空間が膨張空間である。膨張後のガスは、シリンダの吐出口から吐出されるようにしている。膨張機は、高压エアを膨張機ケースに導入することにより運転させて動作確認を行っており、良好に動作することを確認している。

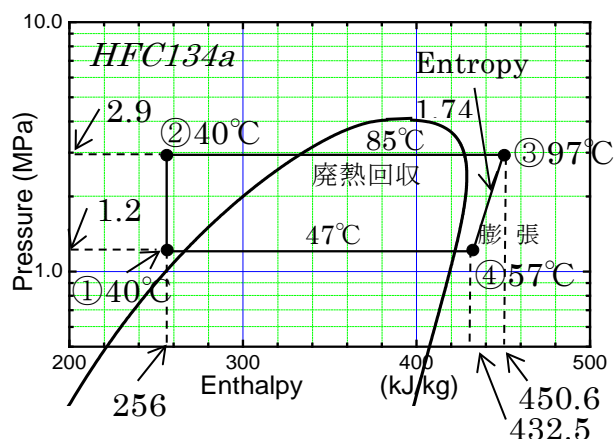


図2 ランキンサイクル p-h 線図

表1 膨張機的设计仕様

理論出力	500 W
膨張比	2.4
膨張機入口/出口温度	97 °C/57 °C
膨張機入口/出口圧力	2.9 MPa/1.2 MPa
吸気容積	1.6 cc ツイン
周波数	60 Hz
冷媒循環量	102 kg/h (R134a)

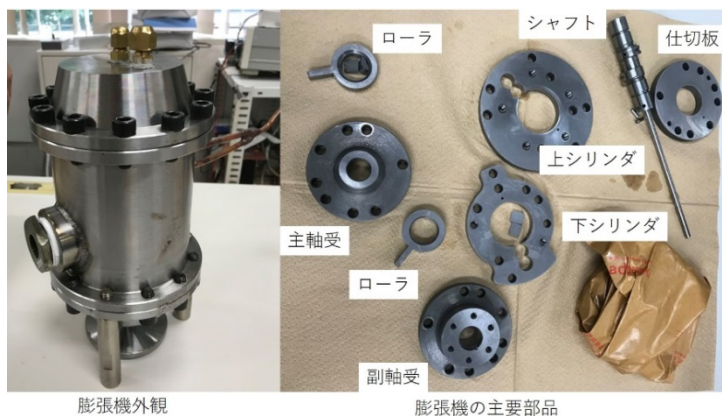


図3 膨張機外観と主要部品

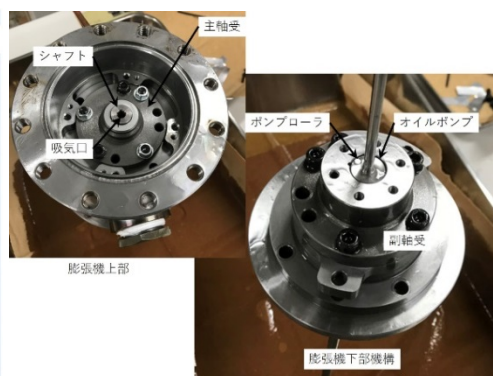


図4 機構部外観

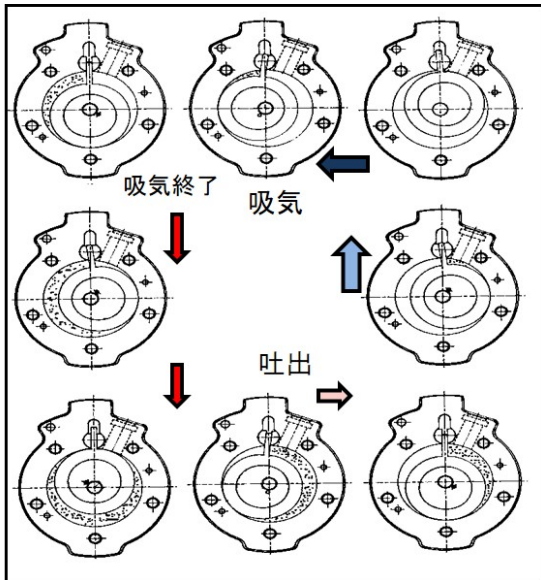


図5 膨張行程

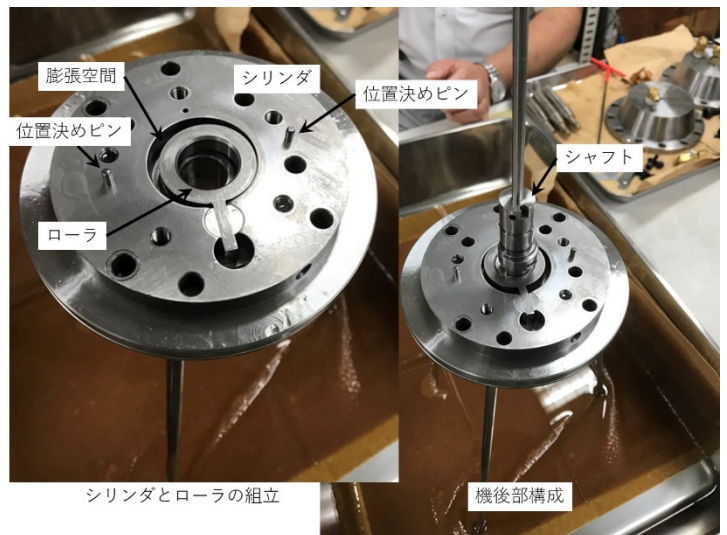


図6 シリンダ内部構造

2-2 膨張機評価装置の改造及び調整

本研究室は図7に示す冷凍サイクル評価装置を保有しているが、本研究で用いる膨張機を評価するために改造を施した。改造のポイントは、本膨張機で用いる作動流体と潤滑油（HFC134aとエステル油）に対応できるように配管回路の洗浄と圧縮機の載せ替えを行っている。これに伴い圧縮機を駆動するインバータの調整も実施した。また、膨張機に吸入する作動流体の入口状態を自動調整できるようにヒータ出力の調整を行った。こうして構築した膨張機評価装置の動作確認を完了している。

2-3 その他

膨張機の単体性能評価実験に関しては、現在実行しているところである。当該期間では、膨張機の試作に時間がかかってしまい、期間内に評価装置を用いた単体性能評価結果をまとめるに至っていない。廃熱回収器に関しては、当該研究期間では情報収集のみ行った。膨張機のシミュレーションコードについては、ランキンサイクル動作シミュレーションコードとして、基本コードの開発を完了した。今後詳細な精度検証を行っていく。



図7 膨張機評価装置外観

3. 将来展望

本研究テーマは、ここで主題としている工場廃熱や温泉源泉廃熱等の未利用エネルギーの回収と再生に大きく寄与するものである。当初の計画に若干の遅れがあるが、本助成を元に大きく進展することができた。今後は、継続して膨張機の性能特性をまとめ、メンテナンスフリーの小形バイナリ発電ユニットとして開発を完了させていく。これらが市場に投入されれば、広く普及し、省エネルギーに大きな効果をもたらすことが予想される。

4. 研究発表

平成30年度と平成31年度に本研究に関する内容を、国内および海外講演会で発表予定である。