

K-41

小型ランキンサイクル用ポンプの性能評価 Performance Test of the Pump for Downsizing Rankine Cycle System

○田中勝之¹, 関谷直樹²*Katsuyuki Tanaka¹, Naoki Sekiya²

As a part of project for development of the downsizing Rankine cycle power generator, the apparatus for test performance of pump for Rankine cycle was constructed and carried out using a commercially available electromagnetic solenoid pump with working fluid of HFE7000 whose normal boiling point is about 34 deg C. The apparatus is composed of a pump, an evaporator, a condenser and an expansion valve so as to circulating working fluid continuously. The baseline pressure, pressure difference and flow rate by pump can be measured and their behavior against to input power of pump.

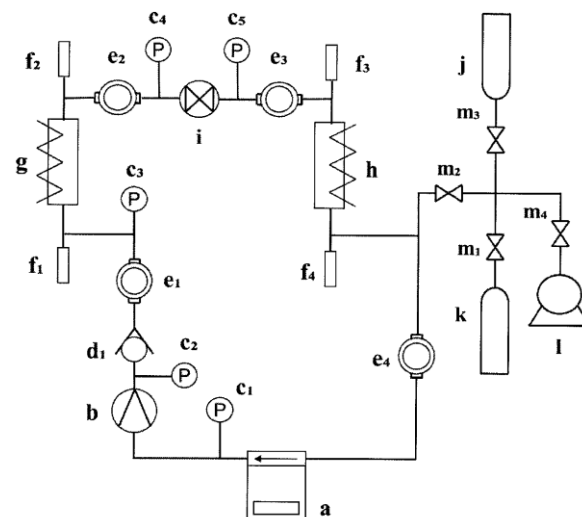
1. はじめに

小型ランキンサイクル発電機は、ドローンを含む IoT 機器で電池に替わる電源として期待されている。発電機は、電池のように交換や充電の作業が省けるが、エネルギー源は不可欠であり、周囲の環境から得る必要がある。そのため、太陽熱や工場排熱、温泉、体温などの熱エネルギーを利用することを想定するが、温度差は比較的小さいので、ランキンサイクルの作動流体は水ではなく、沸点の低いフッ素化合物などの有機物を用いることになる。この有機物の多くは、地球温暖化をはじめとして地球環境などに悪影響を及ぼす可能性を持つもので、機械の外に漏れることは避けたく、また、小型化することで作動流体の全体量も少なく、少量の漏れがサイクルの動作停止をもたらす。したがって、小型ランキンサイクルに用いられる膨張器や熱交換器、ポンプなどの各機器には、作動流体を密封する構造が求められる。また、ランキンサイクルのポンプの役割として、復水器で凝縮された飽和液を蒸発器の飽和蒸気圧まで昇圧し、安定した動作に必要な流量を供給する性能も求められる。このとき、昇圧する圧力差だけでなく、ライン圧への耐圧性も必要であり、小型ランキンサイクル発電機全体の容量などの仕様に応じ、ポンプを開発する必要がある。様々な小型ランキンサイクル発電機の需要に伴い、様々なポンプ開発が進められると考えられるため、それらの性能評価を可能とすべく、本研究では小型ランキンサイクル用ポンプの性能評価装置を製作し、動作確認をおこなったので、報告する。

2. ポンプ評価装置

図 1 に評価装置の概略図を示す。ポンプの出入口には、それぞれ圧力センサーが設置されており、ライン

圧と圧力差が測定できる。また、入口側にコリオリ式の流量計が設置されている。ポンプによって加圧された作動流体は、恒温槽で温度制御された循環水で加熱された蒸発器に供給され、気化し、膨張弁に導かれる。蒸発器内の作動流体は、気液 2 相域であり、膨張器の温度における作動流体の蒸気圧となっており、温度センサーと圧力センサーでその状態を測定できる。膨張弁を過ぎた後の作動流体は、蒸発器と同じ構造を持つ凝縮器に導かれて液化し、流量計とポンプに戻るサイクルになっている。いくつかの場所にサイトグラスがあり、作動流体の状態を確認できるが、特に流量計の手前にあるサイトグラスでは、ポンプに気体が混入し



a: flow meter, b: pump, c: pressure sensor, d: check valve, e: sight glass, f: temperature sensor, g: evaporator, h: condenser, i: expansion valve, j: sample bomb, k: recovery bomb, l: vacuum pump, m: valve.

Figure 1. Schematic diagram of the apparatus for performance test of pump

ていないかチェックができる。作動流体の充填は、凝縮器の出口側にある配管から、装置内を真空ポンプで真空にした後、試料充填ボンベから膨張させて充填し、余分な配管内に残った試料は、回収容器を液体窒素で冷やし、凝縮させて回収する。このとき、蒸発器と凝縮器は共に低い温度に設定している。

3. 測定結果

小型ランキンサイクル用ポンプとして、市販の電磁ポンプ（TAISAN 製：TG50P）をテストした。電磁ポンプは、配管内のプランジャーを配管外から電磁力によって往復運動させ、配管内の逆止弁により、ポンプとしての機能を果たしており、試料を密閉でき、電磁力の強い力で十分な昇圧を生み出す。作動流体には、沸点が約 34℃の HFE7000 を用いた。蒸発器と凝縮器の設定温度をそれぞれ 63℃と 18℃に設置したときのポンプへの入力電力に対する各圧力の測定結果を図 2 に、流量の測定結果を図 3 に示す。

圧力は、ポンプへの入力電力の増加に伴い、高くなり、蒸発器下部の圧力より大きくなっているため、循環していると考えられる。ある圧力に達すると、入力電力が増えても圧力は上がらなくなる。ここでは、入力電力が 10W あたりである。これは蒸発器の温度における作動流体の蒸気圧を超えたことが理由であり、それ以上には作動流体の圧力は上がらず、ポンプの圧力も上がらない。これ以上の入力電力を加えても、効率が下がることになる。流量も圧力の結果と同じ挙動を示し、最適な入力電力が検討できる。

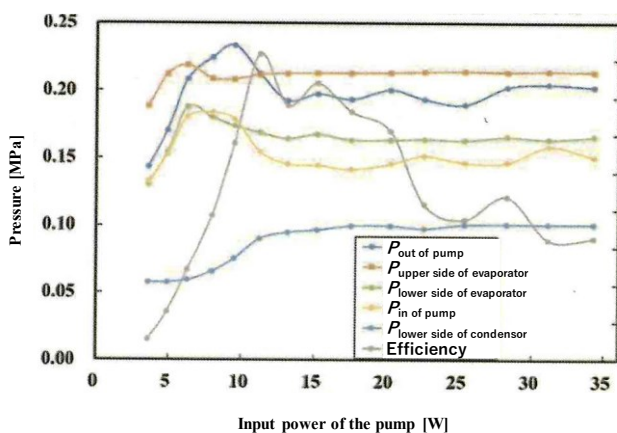


Figure 2. Result of the pressure measurements against to input power of the pump

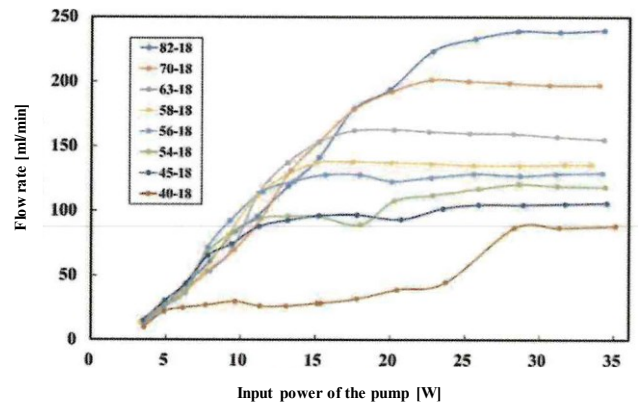


Figure 3. Result of the flow rate measurements against to input power of the pump

4. おわりに

本研究は、研究プロジェクト「IoT デバイスのための低品位な熱源を利用した超スマート発電機の研究開発」¹⁾の一つの研究テーマとして、小型ランキンサイクル用ポンプの評価装置を構築し、動作確認をおこなった。このプロジェクトは2年間の計画で2020年3月に終了し、その後、同じ研究開発の研究拠点を形成することを目的としている。ポンプの開発を支援する評価装置を構築できたことは、研究拠点形成への一歩になったと思われる。今後は、研究室やプロジェクトメンバーだけでなく、外部の研究者によって開発されたポンプの評価も積極的におこなってきたい。

5. 参考文献

- [1] 田中勝之，金子美泉，関谷直樹，辻健太郎：「平成30年度日本大学理工学研究所先導研究推進プロジェクトキックオフシンポジウム—IoT デバイスのための低品位な熱源を利用した超スマート発電機の研究開発—」，第17回日本大学理工学部理工学研究所講演会資料，2018

謝辞

本研究は、平成30年度日本大学理工学部理工学研究所先導研究推進助成金の援助を受けた（プロジェクト題目：IoT デバイスのための低品位な熱源を利用した超スマート発電機の研究開発）。ここに、感謝の意を表す。また、本研究の遂行に多大なるご尽力をいただきました平成30年度日本大学理工学部精密機械工学科卒業生の田中雄也氏，土屋修平氏，細井拓真氏に感謝の意を表します。