

K2-41

冷媒を用いた小型発電機の研究

Study on the small generator using refrigerant

○庄崎公博¹, 加藤一博¹, 田中勝之², 田中誠²*Kimihiro Shozaki¹, Kazuhiro Kato¹, Katsuyuki Tanaka², Makoto Tanaka²

Abstract: In purpose of solving global warming and energy problems. Small electric generator using refrigerant was proposed. The heat source of this generator is exhaust heat from hot spring. R245fa was adopted as refrigerant of this generator. Schematic diagram of the generator was shown with its specification.

1. はじめに

現在, 地球温暖化, オゾン層破壊などの環境問題や, 震災後の電力問題, 化石燃料枯渇などのエネルギー問題がある. こうした中, 温泉からの排熱をエネルギー源として発電する技術が注目されている. こうした排熱の温度は 100°C 以下であり有効利用が難しい. しかし, これまで捨てられていた熱を使用して発電しようとするこの技術は, エネルギーの有効活用という面から有用である. また, 発電のために新たな燃料を必要とせず, 発電の過程で二酸化炭素を出さないことは, 環境負荷の低い発電方法であること, エネルギー問題の解決に役立つことを意味する. このような背景のもと, 排熱を熱源とする発電機はいくつか開発されてきた. その 1 つに, 冷媒を作動流体としたランキンサイクルによる発電機がある. しかし, こうした発電機はいずれも大型で, 最小のものでも容積は 1m^3 , 重量は 200kg あり, 据え置きを前提としたものである.

本研究では, これまで大型のものしか存在しなかった冷媒を用いた発電機をスーツケースの大きさにまで小型化することを目標とする. 発電機を小型化することによって, 人の手による持ち運びが可能となる. それに伴い, 発電機を使用する場所の選択肢も増え, 個人が所有する自家発電装置としての使用が期待できる.

2. ランキンサイクルの原理

前述のように, 冷媒を用いた発電機はランキンサイクルによって発電する. ランキンサイクルの T - s 線図を Figure 1 に示す. このサイクルでは, サイクル内に封入された作動流体が気体, 液体の間を相変化しながら循環することでタービンを駆動させる.

本研究において発電機に用いるランキンサイクルは次のように運転される. 文中の番号は図中のものに対応している. はじめに, 状態[1→2]の過程で低圧の作動流体がポンプで断熱的に加圧されて高圧の圧縮液にな

る. 状態[2→4]の過程では, 作動流体が蒸発器で過熱蒸気になるまで等圧加熱される. 高温高圧になった蒸気は, 状態[4→5]の過程で蒸気タービンで断熱膨張してタービンに仕事をさせる. その後, 状態[5→1]の過程で低温低圧の飽和蒸気になった作動流体は凝縮器で等圧冷却されて凝縮し, 飽和液に戻る^[1]. また, 状態[1→5]によって囲まれた面積は, ランキンサイクルが外部にすすことのできる仕事を表す.

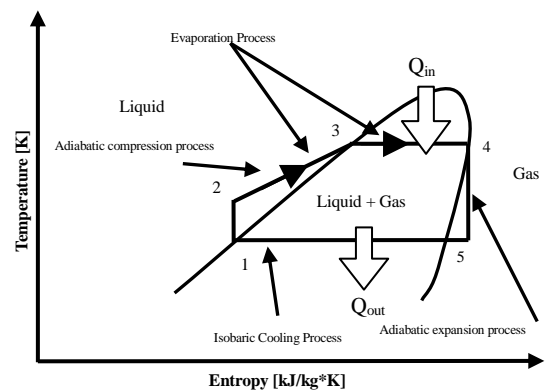


Figure1. Rankine cycle

3. ランキンサイクルに用いる冷媒の選定

ランキンサイクルに封入する作動流体は, 以下のようにして選定を行った. 初めに, 発電機の熱源として温泉排熱と水道水を想定した. 温泉排熱水の温度は最低 70°C であることから, 発電機に用いる冷媒の蒸発温度は 70°C とした. また, 水道水の年間を通しての最高温度は $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ であることから, 冷媒の凝縮温度は 30°C とした. この温度域で一般に用いられている冷媒には, R245fa, R134a, R22 がある.

次に, 先に挙げた各冷媒の T - s 線図を Figure 2 に示す. Figure 2 には蒸発温度 70°C と凝縮温度 30°C の等温線を引いてある. Figure 2 からは, 等圧冷却過程, 等圧加熱過程それぞれにおいてエントロピー差が最大であるのは R245fa であることが分かる. エントロピー差が大きくなれば, ランキンサイクルが囲む台形状の面積の

上辺と底辺は長くなる．よって，サイクルが囲む面積が広くなり，ランキンサイクルが外部になす仕事は大きくなる．これは，R245fa を作動流体として用いれば良好な熱効率を得られることを意味する．

Figure3 は冷媒の P - T 線図である．Figure3 から凝縮，蒸発温度における飽和圧力は R245fa のものが最低であることが分かる．飽和圧力が低い冷媒をサイクルに用いれば，発電機の耐圧や機械強度を低く抑えることができるから，発電機の小型化と軽量化を望むことができる．

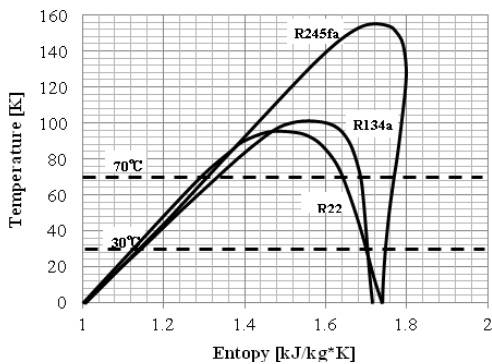


Figure2. T - s diagram

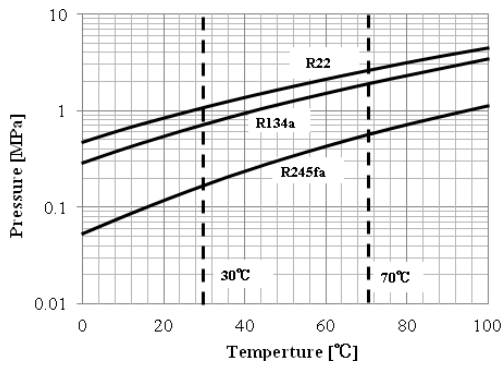


Figure3. P - T diagram

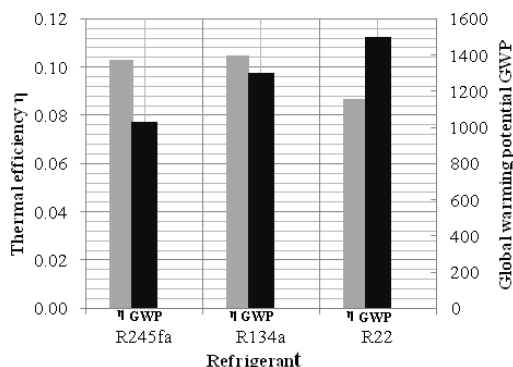


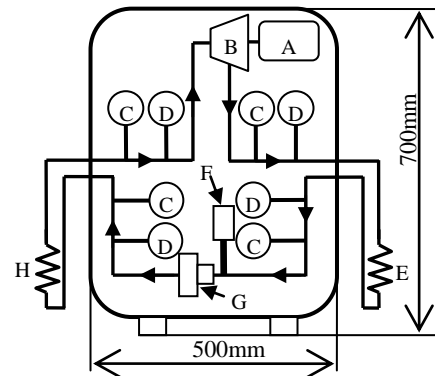
Figure4. Thermal efficiency and Global warming potential of refrigerant

Figure4 に各冷媒を作動流体とした場合の熱効率，および冷媒のもつ地球温暖化係数を示した^[2]．Figure4 からは，R245fa の地球温暖化係数が比較的 low，発電機に使用した場合の熱効率も高くなる事が分かる．

また，R245fa はオゾン層破壊係数が零であり，漏出した場合でもオゾン層を破壊しない．以上のことを考慮して，発電機の冷媒では R245fa を用いることとした．

4. 製作する発電機の概要

発電機の概要と諸元を Figure5, Table 1 に示す．大きさは一般的なスーツケースの寸法を参考に決定した．本研究では，この発電機の出力が 100W に達することを目標として装置を設計，製作する．



A:Generator, B:Expander, C:Thermometer,
D:Pressure gauge, E:Condenser, F:Flowmeter,
G:Pump, H:Evaporator

Figure5. Schematic diagram of the apparatus

Table1. Specification of generator

Cold source temperature	30°C
Hot source temperature	70°C
Working fluid	R245fa
Heat efficiency	0.104
Pump	Volute pump
Expander	Volute expander
Output power	100W

5. おわりに

本研究では冷媒を用いた小型発電機の製作，および性能試験を行う．性能試験を終了後は，発電機の性能を評価し性能向上のための研究を行う．

6. 参考文献

- [1] 平田哲夫他：「例題でわかる 工業熱力学」，pp.144-150, 2008
- [2] 鎌田聰士他：「上級標準テキスト 冷凍空調技術 冷凍編」，pp.16-22, 2000