

スターリングサイクルヒートポンプ

甲斐田 武延 (かいだ たけのぶ) 一般財団法人電力中央研究所 主任研究員

要約 前回、ガスサイクルヒートポンプの1つとして、ブレイトンサイクルヒートポンプについて述べた。今回、別のガスサイクルヒートポンプとして、大温度リフトに適した技術である、スターリングサイクルヒートポンプの技術動向を紹介する。

1. 概要

1.1 基本原理

図1にスターリングサイクルの $T-s$ 線図を示す。スターリングサイクルは2つの等温過程と2つの等積過程から成り、等温過程において熱源や熱供給先と熱交換を行う。等積膨張で放出する熱を蓄え、等積圧縮で吸収される熱として完全に再利用されれば、スターリングサイクルの COP は同じ温度条件で作動するカルノーサイクルの COP と等しくなる。

しかし、実際のスターリングサイクルでは、各種損失によって、理想サイクルと比べて COP は低下する¹⁾。

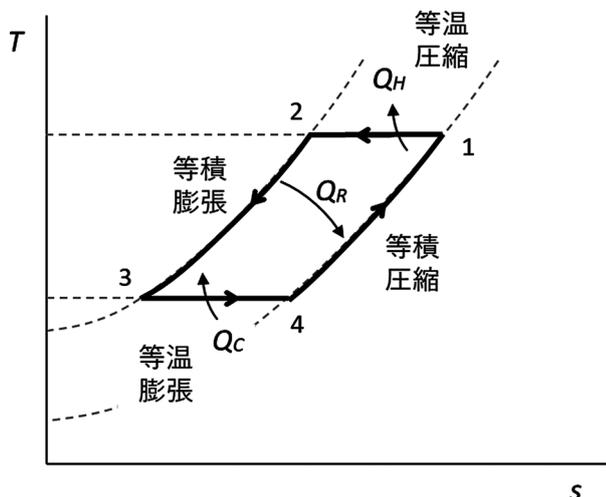


図1 スターリングサイクル

1.2 冷媒

冷媒については、ガス定数が大きいほど加熱能力は大きくなるため、不活性かつガス定数が大きなヘリウム (R704) が採用されることが多い。窒素のガス定数が $0.3 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ であるのに対して、ヘリウムのガス定数は $2.1 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ である。しかし、ヘリウムは

分子径が小さく漏れやすいため、シール材に高い性能が求められる。

1.3 システム構成

スターリングサイクルを構成するためのピストンやシリンダ、再生器の配置方式には様々なものがあるが、一般に α 型、 β 型、 γ 型に大別される。さらに、 α 型には Franchot 型と Siemens 型がある。

図2に高温ヒートポンプとして実用化している Franchot 型の模式図を示す。Franchot 型は2つのピストンおよびシリンダを有し、一方のシリンダには常に低温ガスが、もう一方のシリンダには常に高温ガスが入っている構造である。

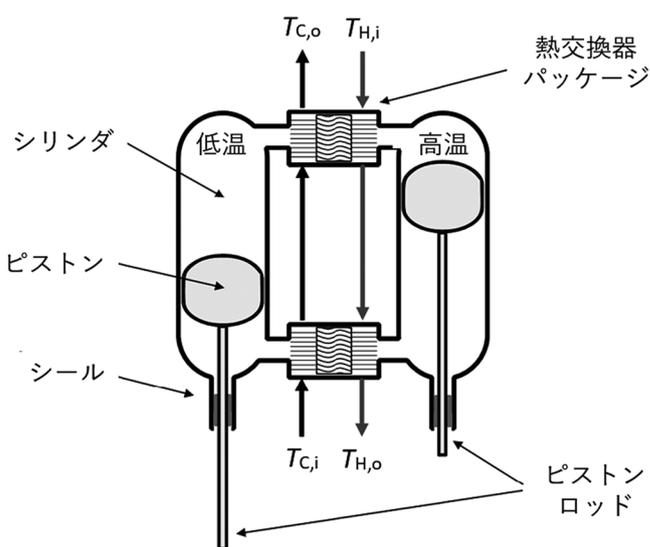


図2 Franchot 型の模式図

1.4 用途

スターリングサイクルは、①温度リフトが大きな条件で比較的高いエネルギー性能を発揮できる、②静粛性に優れる、③低毒性・不燃性・ゼロ ODP・ゼロ