

ブレイトン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 ヒートポンプには蒸気を作動流体としたものだけでなく、ガスを作動流体としたものもある。その中でも、ブレイトンサイクルやスターリングサイクルを有する高温ヒートポンプの技術開発が進んでいる。今回はブレイトンサイクルヒートポンプの基本原理や特徴を解説するとともに、その開発動向を紹介する。

1. ガスサイクル

一般に、液体から気体に相変化する場合の気体を蒸気、相変化を伴わない気体をガスと呼ぶ。連載第4回から第7回までに扱ったヒートポンプは蒸気を作動流体としたサイクルだが、今回はガスを作動流体としたサイクルを対象とする。ガスは、加熱または冷却されても相変化を伴わない、すなわち、蒸発や凝縮は生じない。そのため、ガスは加熱されると温度が上昇し、冷却されると温度は低下する。

サイクルの全過程がガスである場合、そのサイクルはガスサイクルと呼ばれる。ガスサイクルには、ブレイトンサイクル、エリクソンサイクル、スターリングサイクルなどがある。本連載では、高温ヒートポンプへの適用に向けて技術開発が進んでいる、ブレイトンサイクルとスターリングサイクルについて解説する。なお、ブレイトンサイクルは、特にドイツ語圏で、ジュールサイクルと呼ばれることもある。

2. ブレイトンサイクル

2.1 基本原理

図1にブレイトンサイクルの T - s 線図を示す。ブレイトンサイクルは2つの等圧過程と2つの断熱過程(等エントロピー過程)から成る。

断熱圧縮 1 → 2 :

圧縮機などを用いてガスを断熱圧縮し、熱供給先よりも高い温度までガスを昇温する。

等圧冷却 2 → 3 :

圧力一定のもと、熱交換器(ガスクーラ)を用

いてガスから熱供給先に熱を伝える。その際、ガスの温度は低下する。

断熱膨張 3 → 4 :

膨張機などを用いてガスを断熱膨張し、熱源よりも低い温度までガスを降温する。

等圧加熱 4 → 1 :

圧力一定のもと、熱交換器(ガスヒータ)を用いて熱源からガスに熱を伝える。その際、ガスの温度は上昇する。

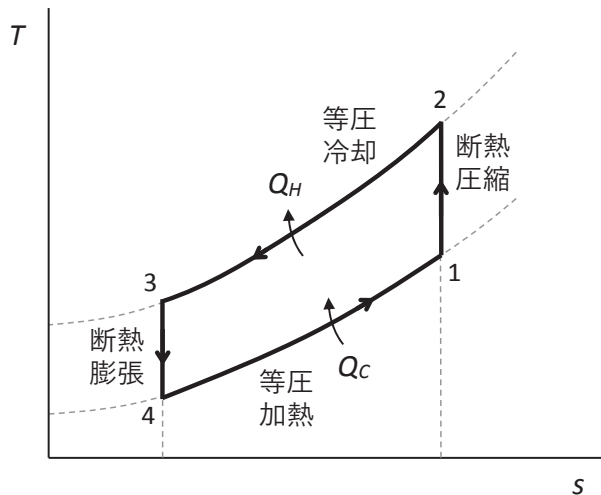


図1 ブレイトンサイクル

2.2 エネルギー性能と特徴

ブレイトンサイクルでは、熱源側と熱供給側の両方が顕熱で温度変化がある場合、温度グラインドをマッチングさせることで、熱源や熱供給先との熱交換温度差を小さくし、比較的高いエネルギー性能を得ることができる。

図2に示すように、熱源入口温度 65℃、出口温度 50℃、熱供給先入口温度 70℃、出口温度 95℃の条件で、