

遷臨界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 洗浄工程や乾燥工程のように加熱工程が大きな温度変化を伴う顕熱需要の場合には、ヒートポンプ側も顕熱供給に適した技術を選択するのが望ましい。今回、顕熱供給に適した技術の1つとして遷臨界サイクルヒートポンプの技術動向を紹介する。

1. 遷臨界サイクルの概要

連載第2回で産業用ヒートポンプの技術区分を紹介したが、今回はそのうちの遷臨界サイクルについて詳説する。

1.1 遷臨界サイクルとは

遷臨界サイクルは、冷媒の低圧側は臨界圧力未満(亜臨界圧)、高圧側は臨界圧力以上(超臨界圧)で作動するサイクルである。

図1に $T-h$ 線図を示す。熱源よりも低い温度に制御された冷媒は、熱源から熱を回収し、加熱されることで蒸発する。次に、蒸発して気体となった冷媒を圧縮して昇温する。熱供給先よりも高温になった冷媒は、熱供給先に熱を伝えることで冷却される。このとき、冷媒の圧力が臨界圧力よりも高いため、冷媒は凝縮せず、気体のような状態から液体のような状態に連続的に変化し、温度変化を伴う。そのため、この熱交換器は凝縮器ではなく、ガスクーラと呼ばれる。

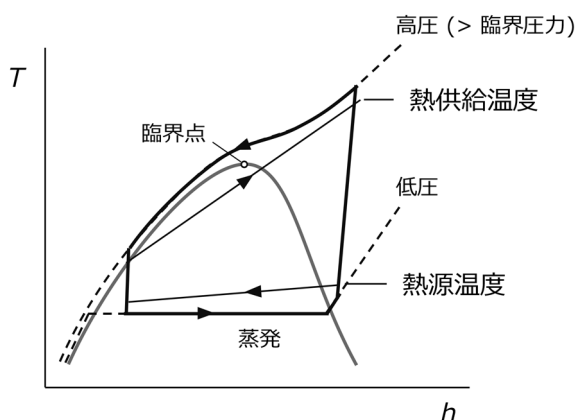


図1 遷臨界サイクルヒートポンプの概念図

1.2 温度グライド・マッチング

例えば、洗浄工程では、15℃程度の上水を昇温し、65℃程度の温水を使用する場合がある。あるいは、乾燥工程では、20℃程度の外気を昇温し、150℃程度の熱風を使用する場合がある。このような大きな温度変化(温度グライド)を伴う顕熱需要に対して、冷媒側を凝縮させて加熱しようとする、冷媒と被加熱媒体(上述の洗浄工程では水、乾燥工程では空気)の間に不要な温度差が生じ、熱交換器におけるエクセルギー損失が大きくなる。

図2に、温度グライドが大きい顕熱需要に対して、凝縮器で加熱する場合とガスクーラで加熱する場合とを比較した模式図を示す。ガスクーラの場合のほうが熱交換の過程における温度差が小さくなることがわかる。熱交換における温度差が大きくなるほど、圧縮に必要な動力が増加し、COPは低下する。そのため、上述した洗浄工程や乾燥工程のように、温度グライドが大きな加熱工程に対しては、冷媒側の温度グライドも大きくなる遷臨界サイクルのような技術を選択するほうが好ましい。

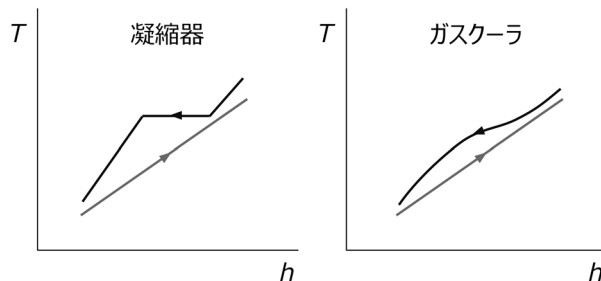


図2 温度グライド・マッチング

1.3 CO₂冷媒 (R744)

CO₂冷媒を用いた家庭用ヒートポンプ給湯機(通称:エコキュート)では遷臨界サイクルが適用されている。CO₂の臨界温度は31℃であり、15℃程度の水を昇温し、