

圧縮・吸収ハイブリッド式ヒートポンプ

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、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について述べた。今回、熱源側も顕熱である場合に適した技術として、圧縮・吸収ハイブリッド式ヒートポンプの技術動向を紹介する。日本では馴染みのない技術であるため、基本原理についてもあわせて解説する。

1. 概要

圧縮・吸収ハイブリッド式ヒートポンプは、非共沸混合冷媒を用いて、蒸気圧縮式と吸収式の両方の技術を組み合わせたヒートポンプである。英語では、(hybrid) compression-absorption heat pump、あるいは compression-resorption heat pump などと呼ばれる。

1.1 歴史的経緯

圧縮・吸収ハイブリッド式ヒートポンプの原理は古くから知られており、1895年にオーゼンブルックが初めてこのサイクルに関する特許(ドイツ)を出している¹⁾。以後、1950年代に理論的な研究が進み、1980年代に実験的な研究が活発化した²⁾。主に欧州の大学や研究機関で研究が進められた。なかでも、ノルウェーのエネルギー技術研究所(IFE)が実用化を進め、2002年に乳製品工場に導入した。2004年にIFEから研究機関発のベンチャー企業としてHybrid Energy社(ノルウェー)が誕生し、圧縮・吸収ハイブリッド式ヒートポンプを製造・販売していた。しかし、2023年1月、Johnson Controls社(デンマーク)がHybrid Energy社を買収し、圧縮・吸収ハイブリッド式ヒートポンプを自社の製品ポートフォリオに組み込んだ³⁾。

1.2 オーゼンブルックサイクル

圧縮・吸収ハイブリッド式ヒートポンプには様々なシステム構成がある。分離圧縮方式と湿り圧縮方式の2つに大別されるが、分離圧縮方式が一般的である。また、冷媒も様々な組み合わせが考えられるが、アンモニアと水の混合物を使用するのが一般的である。図1に最も基本的なシステム構成であり、Hybrid Energy社が商用化しているシステムでもある、オーゼンブルックサイクルのシステム構成図を示す。

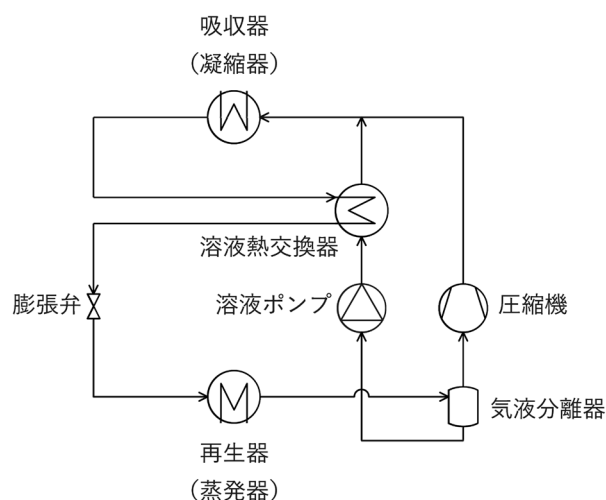


図1 オーゼンブルックサイクルのシステム構成図

オーゼンブルックサイクルは、吸収器(凝縮器)、再生器(蒸発器)、溶液熱交換器、気液分離器、圧縮機、溶液ポンプ、膨張弁の7つの要素から構成される。

再生器で熱源から採熱し、低沸点のアンモニア(の一部)が蒸発し、水は液体のまま流れる。気液二相状態となったアンモニア・水の混合物を気液分離し、アンモニア蒸気は圧縮機で昇圧する。一方、残ったアンモニア・リッチ液は溶液ポンプで昇圧される。性能向上を意図して、アンモニア・リッチ液は、後述するアンモニア・リッチ液と熱交換し、昇温される。アンモニア・リッチ液とアンモニア蒸気を混合後、吸収器にて、熱供給先に放熱する。その際、アンモニア蒸気が水溶液に再溶解し、溶液のアンモニア濃度は上昇する。吸収器を出たアンモニア・リッチ液は、アンモニア・リッチ液と熱交換後、膨張弁にて減圧し、再生器に送られる。

このように、オーゼンブルックサイクルでは、吸収作用は放熱過程において行われ、圧縮仕事が吸収作用で補われるわけではない。ヒートポンプの駆動エネルギー