

蒸気供給ヒートポンプ

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 工場の加熱ユーティリティとして、一般にガスまたは油焚きのボイラで生成した蒸気が使用されている。脱炭素化に向けた1つの手段として、このようなボイラから蒸気供給ヒートポンプに転換していくことが期待されている。蒸気供給ヒートポンプは2011年に日本で初めて商用化されたが、近年、欧州でも開発が進み、複数の技術が登場してきている。今回、それらについて冷媒やシステム構成、導入形態の観点から整理し、現在の日本の蒸気供給ヒートポンプとの相違について述べる。

1. 蒸気供給ヒートポンプの導入形態

従来の多くの工場では、図1(a)に示すように、加熱工程にはボイラからの蒸気を、冷却工程にはチラーからの冷水やブラインをユーティリティとして利用している。蒸気供給ヒートポンプはボイラ代替技術としての役割が期待されるが、ヒートポンプは熱をくみ上げる技術であり、熱源を確保する必要があるため、ボイラから単純に置き換えることはできない。

図1(b)に、蒸気供給ヒートポンプの導入形態を熱源の種類によって3通りに大別した概念図を示す。

1つ目は、外気を熱源とする導入形態である。家庭用ヒートポンプ給湯機などのように外気熱源を活用できれば、まさにボイラ代替が可能になる。しかし、外気を熱源として100℃以上の蒸気まで熱をくみ上げようとすると、温度リフトが大きくなり、低いCOPとなってしまう。そのため、現状ではガスまたは油焚きの蒸気ボイラと比べてエネルギーコストが高くなり、市場競争力がないため、外気熱源の蒸気供給ヒートポンプは商用化されていない。仮に、脱炭素化の要請がより厳しくなり、再エネ電力を用いて燃料を製造する

ような時代が到来すると、燃料よりも電力のほうが安価になり、外気熱源の蒸気供給ヒートポンプが市場競争力をもつようになる可能性もある。

2つ目は、チラーや空気圧縮機などのユーティリティ設備からの排熱を熱源とする導入形態である。ユーティリティ排熱は、従来冷却塔から外気に放熱されているが、外気よりも温度が高く、かつ比較的安定しているため、ヒートポンプの熱源として活用しやすい。ただし、30℃程度のユーティリティ排熱から、例えば120℃の低圧蒸気まで熱をくみ上げる場合、COPは2.5程度となる。現状の日本では市場競争力の面で厳しいが、海外では経済的に成立する国や地域もある。

3つ目は、生産プロセスからの排熱を熱源とする導入形態である。高い熱源温度が得られるため、市場競争力のあるCOPを実現できる可能性がある。ただし、長時間稼働するプロセスであれば安定した熱源を確保できるが、短時間稼働の場合には熱需要と熱源の時間的ギャップを解消するために蓄熱槽が必要となる。設備投資が増大することに加えて、生産プロセスの近くにヒートポンプと蓄熱槽を設置するスペースがない場合もあり、設計・施工面でのハードルは高くなる。



(a) 蒸気ボイラを用いる場合

(b) 蒸気供給ヒートポンプを用いる場合

(①外気熱源、②ユーティリティ熱回収、③プロセス熱回収の3通り)

図1 蒸気供給ヒートポンプの3つの導入形態