

【日本機械工業連合会会長賞】

排温水熱回収型小容量蒸気発生ヒートポンプ

富士電機株式会社

東京都品川区

1. 機器の概要

近年、産業界においては工場の化石燃料使用量削減に対するニーズが強まっている。

富士電機では、従来工場から排水されている温度帯 60～80℃かつ平均流量 500～2000kg/h の排温水から排熱回収を行い、その熱を利用して 120℃の飽和蒸気を発生させる「蒸気発生ヒートポンプ」を商品化した。

排熱を利用するため、都市ガス蒸気ボイラと比較して、同量の蒸気を発生するのに消費するエネルギーをエネルギーコスト換算で約 50%削減できる。

また安全でコンパクトであるため、蒸気を使用する生産設備の近傍に設置でき、現場で排熱回収から蒸気供給まで実施できる。

従来ヒートポンプの技術的課題として、100℃を超える高温領域における冷媒圧縮機等の耐久性確保があるが、自動販売機開発で培った独自の冷媒制御技術・冷媒回路設計技術により耐久性を確保、またサーモサイフォン方式を応用した独自の蒸気発生方式により小型高効率化を図り、ヒートポンプによる 120℃蒸気発生を実現した。



図 1. 蒸気発生ヒートポンプ

2. 機器の技術的特徴および効果

2.1 技術的特徴

表 1 に仕様、図 2 に内部構成を示す。本製品の特徴は飽和蒸気を出力することであるが、独自の蒸気発生方式により機器全体の小型高効率化を図っている。

図 3 に蒸気発生方式を示す。水を高温冷媒で加熱する凝縮器内部において、水は一部が蒸気となる気液二相状態で加熱を行うよう設計した。これにより加圧水状態で加熱する場合に比べ、潜熱域での加熱となるため伝熱面積を大幅に削減でき、凝縮器の小型化につながった。また、蒸気は上昇し水は流下する性質を応用したサーモサイフォン方式により、自然循環を可能としている。これにより、凝縮器へ水を送る加圧・循環ポンプが不要となり、消費電力削減や機器全体の小型化につながった。

表 1. 仕様

発生蒸気仕様	100~120℃ 飽和蒸気
最大加熱能力	30 kW
最高 COP	3.5
排温水（熱源水）温度	60~80℃
排温水（熱源水）平均流量	500~2000 kg/h
外形寸法	幅1.0×奥行1.0×高さ1.8 [m]
冷媒	HFC-245fa 代替フロン冷媒
電源	三相 200V (20/60Hz)

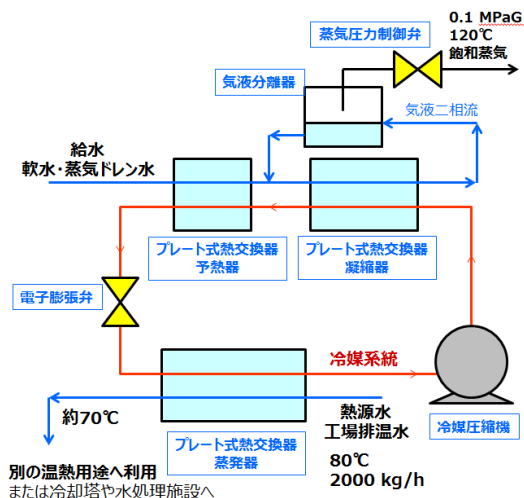


図 2. 内部構成

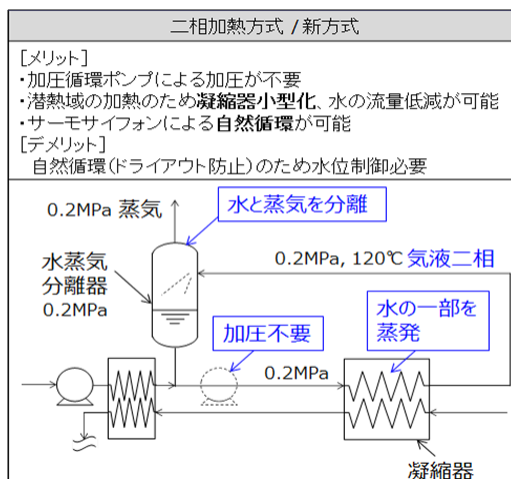
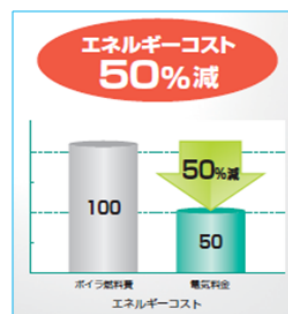


図 3. 蒸気発生方式

2.2 効果

(1) 排熱利用による省エネ効果

本製品では従来廃棄される排温水の未利用熱を回収し有効利用することにより省エネを図っている。同量の蒸気を発生するのに消費するエネルギーを蒸気ボイラと蒸気発生ヒートポンプとで比較すると、蒸気ボイラに対し蒸気発生ヒートポンプの方が消費エネルギーをエネルギーコスト換算で約50%削減できる。



都市ガス13Aを燃料とするボイラとの比較
ヒートポンプは定格条件（排温水温度80℃、
排温水流量2000kg/h）で運転した場合
ガス単価：85円/Nm³、電力単価：15円/kWh
と仮定。

図4. 排熱利用による
省エネ効果

(2) 地産地消型コンセプトによる 省エネ効果

蒸気ボイラから蒸気配管を敷設し、各蒸気利用設備へ蒸気を供給する従来の蒸気配管システムでは、図5に示す熱損失がある。とくに長距離蒸気配管における損失と蒸気ドレン排水における損失が大きい。

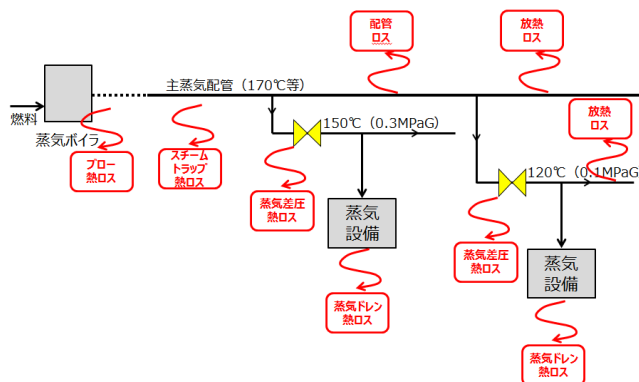


図5. 蒸気配管系統における熱損失

図6に地産地消型コンセプトの導入イメージを示す。本製品は安全性が高く設置自由度があり、蒸気を使用する設備の近傍に設置できる。これにより現場の排温水からは排熱を回収利用し、蒸気ドレン排水の一部は再度蒸気として再生利用できる。既設の蒸気ボイラとの併用となるが、蒸気発生ヒートポンプが現場で生成した蒸気のみ、ボイラの焚き減らしができる。また、現場で効率良く熱と水を循環することで、前記の排熱利用による省エネ効果に加え既設蒸気配管系統の熱損失を改善することによる省エネ効果も期待できる。

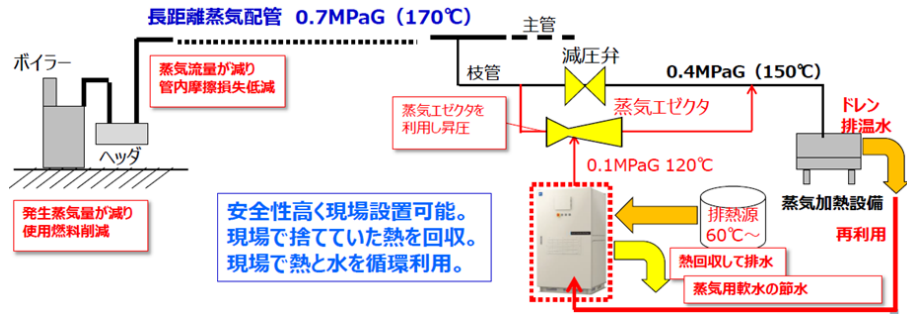


図6. 地産地消型コンセプト導入イメージ

3. 用途

図7に富士電機パワーセミコンダクタ株式会社飯山工場への導入事例を示す。ガスエンジンコージェネレーションのエンジン冷却水(80°C)を熱源として、半導体製品生産ラインのクリーンルーム空調加湿蒸気として利用した事例である。

従来の灯油焚き蒸気ボイラで加湿していた場合と比較し、蒸気発生にかかるエネルギーコストが55.3%削減できたという実績データが得られている。

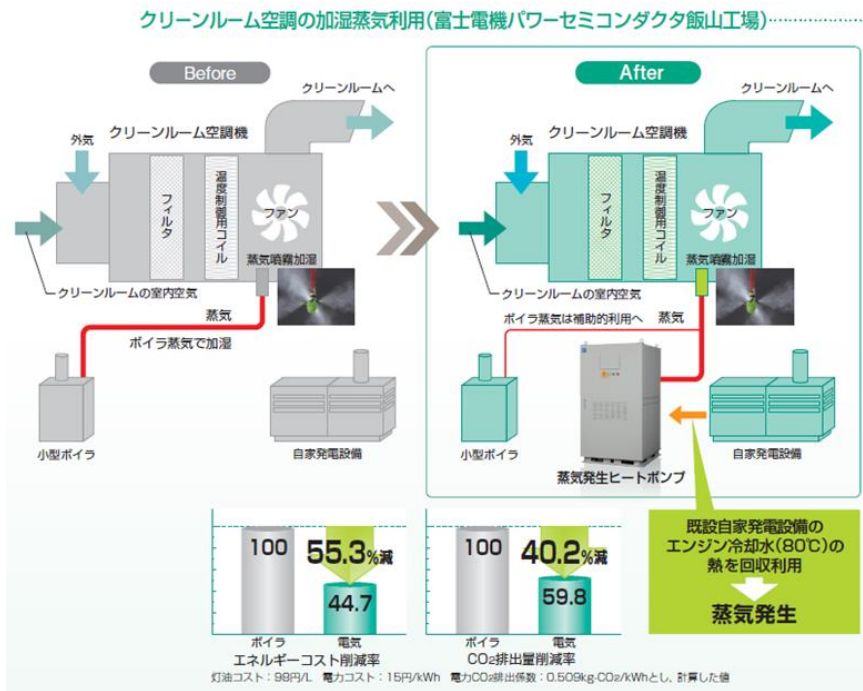


図7. 導入事例 クリーンルーム空調加湿用途