

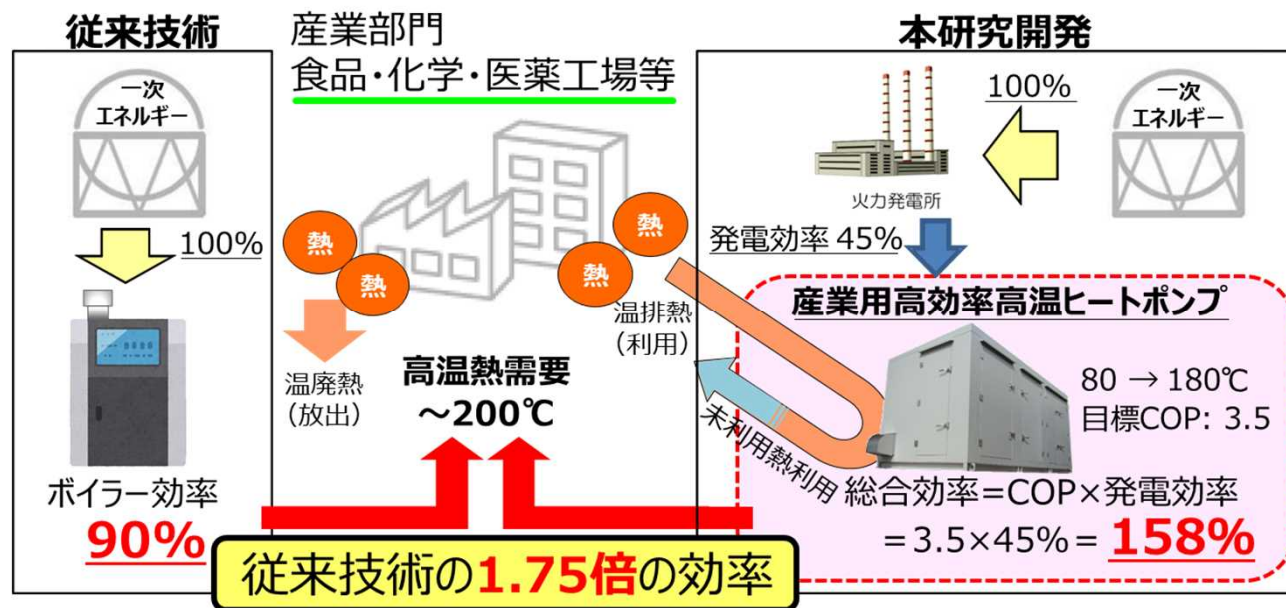
未利用エネルギーを熱源とした高温 ヒートポンプの開発 ～低GWP冷媒を用いたヒートポンプ 試作機の開発～

プロジェクト名：未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発
プロジェクト実施者：株式会社前川製作所

プロジェクト実施期間：2013年4月～2023年3月



- 産業部門における蒸気ボイラの燃料消費量 1.13×10^{12} MJ/年
- 150°C~200°Cの蒸気が消費、大量に排熱を発生
- 工場排熱をヒートポンプの熱源にして、高温度の熱に再生して利用
- 未利用熱を活用した高温ヒートポンプ技術【産業部門の最重要技術】



開発のコンセプト

100℃超の熱供給高温ヒートポンプって 蒸気を作るの？

A : 蒸気を作るものと、そうでないものが存在する。

供給する熱に応じて2種類のヒートポンプがある。

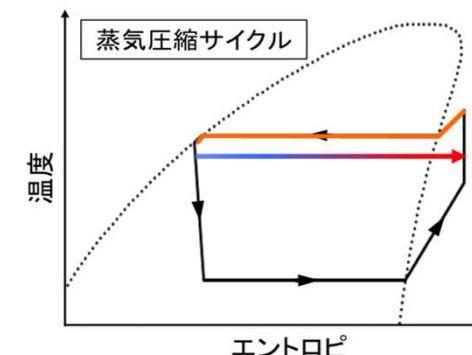
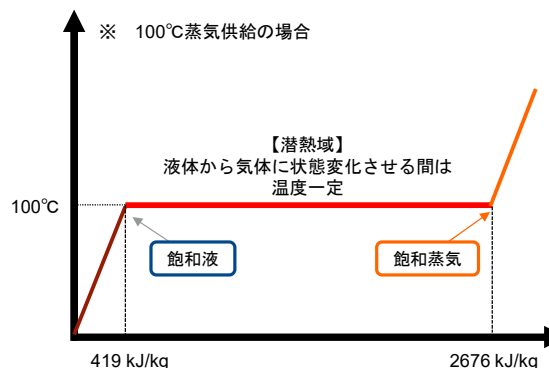
- ・ **蒸気**の供給(**小温度差**の加温)を目的としたヒートポンプ
- ・ **熱媒油**や**熱風**の供給(**大温度差**の加温)を目的としたヒートポンプ



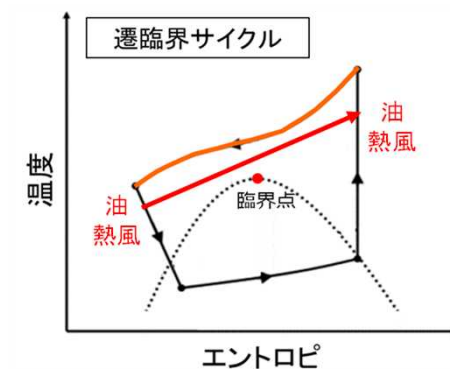
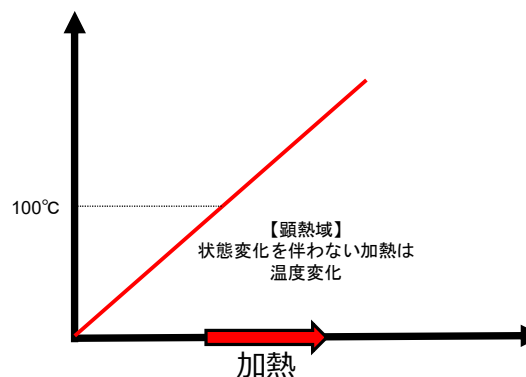
供給する熱(温度差)とヒートポンプの組合せが重要

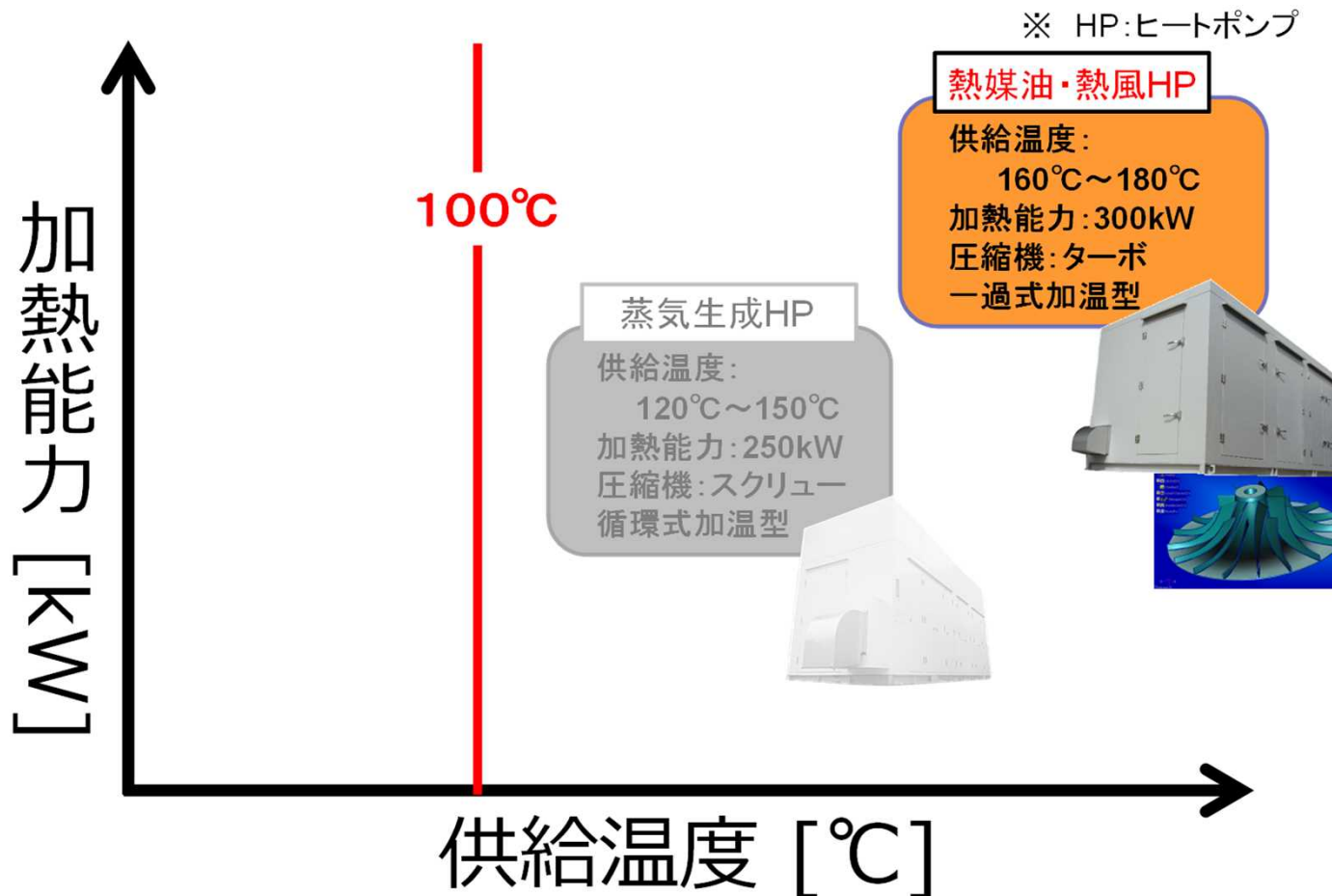
- ・ **蒸気**供給を目的としたヒートポンプ【循環式加温】
 - ⇒ 水を蒸気に変える必要がある。温度一定で加熱する区間がある。
 - ⇒ **150℃超の蒸気**を生成するのは現行冷媒では難しい。
- ・ **熱媒油**や**熱風**の供給を目的としたヒートポンプ【一過式加温】
 - ⇒ 温度一定の区間がない。
 - ⇒ **150℃超の高温**供給が可能。

【蒸気生成：循環式加温】



【熱媒油・熱風生成：一過式加温】





本研究開発では、高温ヒートポンプの普及を目指し、
加熱温度の上昇および**COP向上**を目的とする。

目標 最高加熱温度 **200°C**、 $COP_h=3.5$ を達成する高温ヒートポンプの開発

仕様（設計値）

項目	設計値
冷媒	HFO冷媒 R1336mzz(Z) (A1冷媒, GWP:2)
圧縮機	ターボ
冷凍機油	不要
設計圧力	6.0MPaG
加熱能力	300kW
COP_h (80°C ⇒ 180°C 加温条件時)	3.5
熱源水温度	80°C程度
被加熱媒体 供給温度	80°C ⇒ 180°C



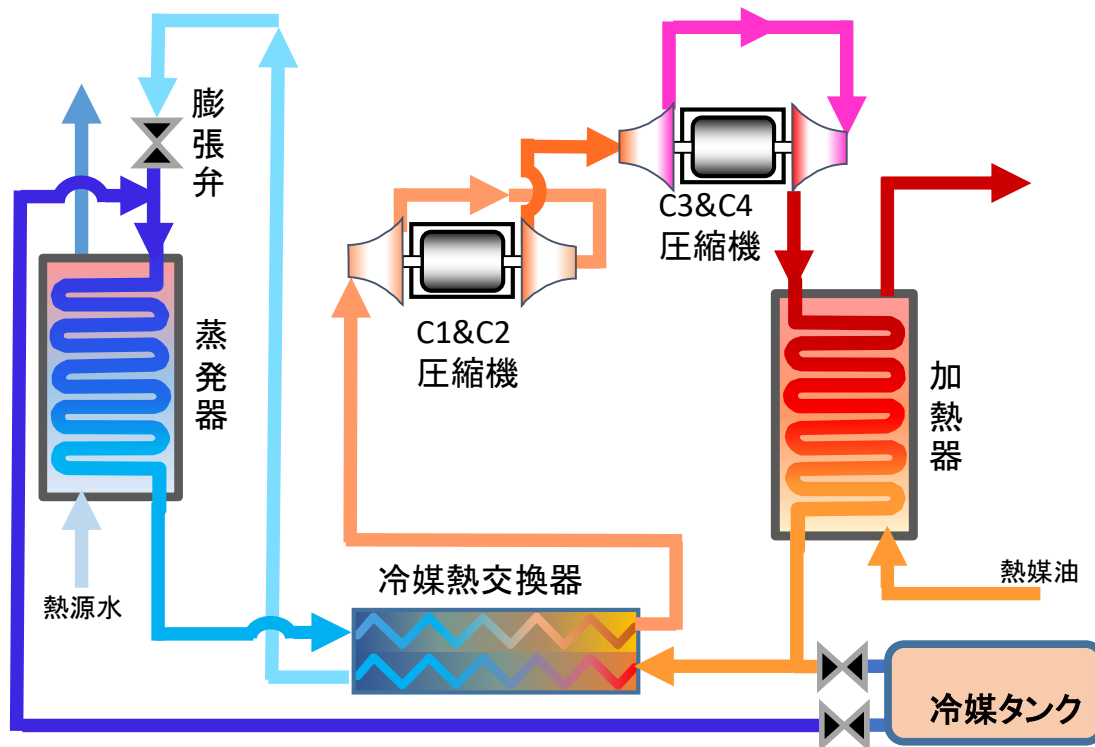
Turbo
compressor



試験機の外観写真

想定される適用先

食品、飲料、医薬、ケミカル産業 etc.



- ガスクーラーにより加熱を行う熱媒体は、熱媒油を用いる
- 工場等から排熱を想定し、熱源は80℃程度の温水として、これを蒸発器で採熱
- 熱媒油の昇温幅が80℃から200℃と大きいため、遷臨界サイクルを採用
- 高圧と低圧の圧力比が大きいため、多段圧縮

目標と技術課題

最高加熱温度 **200°C**、 $COP_h=3.5$ を達成する高温ヒートポンプの開発

- 課題① 冷媒がない (高温・高圧対応&環境性能良好)
- 課題② 圧縮機がない (高温・高圧対応)
- 課題③ 熱交換器がない (高温・高圧・大温度差対応)
- 課題④ 熱ロスが多い (断熱対策)



研究開発内容

高温に適した冷媒選定とシステム設計

高温・高圧対応の圧縮機の開発

高温・高圧対応の熱交換器の開発

高温の熱ロスを防ぐ断熱技術の開発

【共同研究先】・・・早稲田大学の3先生と共研

- ・要素技術開発：サイクル、冷媒 } 齋藤先生
- ・統合解析シミュレーション技術 } 齋藤先生
- ・要素技術開発：圧縮機 ⇒ 太田先生
- ・要素技術開発：熱交換器 ⇒ 勝田先生

HP試作機の製作

・HP試作機では、フロン系の低GWP冷媒R1336mzz(Z)を採用。



装置外観：W2300×L5400×H2250 mm



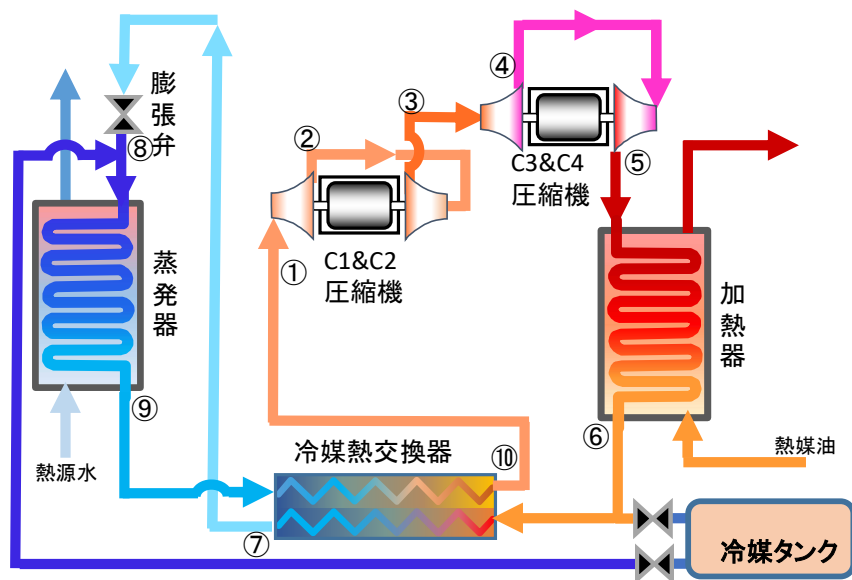
圧縮機外観



装置内部

装置仕様

Specifications of second prototype heat pump		
Refrigerant		Low GWP refrigerant
Compressor	Type	Centrifugal
	Oil	Oil free
Rotation frequency	First set compressor (low pressure side)	16,000 rpm
	Second set compressor (high pressure side)	15,000 rpm
Gas cooler	Type	Brazed plate
	Capacity	300 kW
Design pressure		5.2 MPaA
Thermal oil inlet temperature		80 °C
Thermal oil outlet temperature		180 °C



運転条件

熱源水入口温度 : 75[°C]

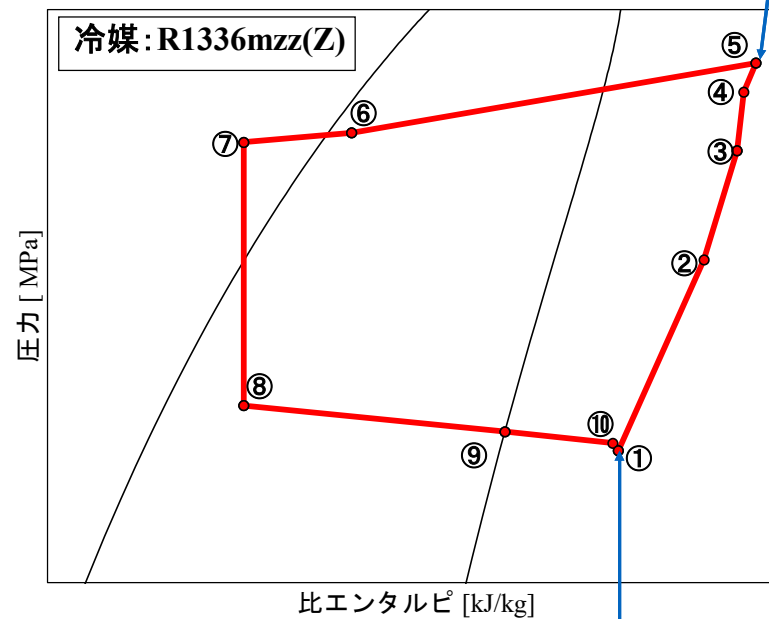
熱媒油入口温度 : 78[°C]

圧縮機回転数 : 16,000[rpm](低段)、15,000[rpm](高段)

現在、2次試作機を用いての試験を進めている。

試験結果は、亜臨界サイクルでの一例

吐出温度 : 184.8 [°C]
吐出圧力 : 1.61 [MPaA]



吸入温度 : 118.5 [°C]
吸入圧力 : 0.34 [MPaA]

まとめ

- 80 °Cの被加熱媒体を180 °Cに加熱する際、COPh 3.5を達成する高温ヒートポンプの開発を目指している
 - ヒートポンプによる加熱温度200°Cは世の中にはないモノであり、それを実現するプロジェクト
- これまでの要素技術の開発結果をもとに、実規模の性能評価試験装置の製作。
 - 現在、評価試験を進めている
- 今後、今回開発したヒートポンプ試作機を用いて、性能・信頼性試験を行うとともに、試験結果を用いて、圧縮機、熱交換器の要素技術を高温ヒートポンプに最適化していく予定であり、2025年頃の市場導入を目指して製品化を進めていく



今後のスケジュール

- 現在～2022年度(2023年3月)
二次試作機を用いた、性能評価試験
- 2023年度～24年度 (NEDOプロジェクト終了後)
フィールド試験&実用化開発 (量産方法、信頼性・安全性確立)
- 2025年頃
販売開始



二次試作機外観

低GWP冷媒を使用した高温HPの開発

蒸気生成HP

供給温度：120℃～150℃
加熱能力：250kW
圧縮機：スクリュー
循環式加温型



ペンタン：GWP=3
HFO系：GWP=2

Sponsored by NEDO

熱媒油・熱風HP

供給温度：160℃～180℃
加熱能力：300kW
圧縮機：ターボ
一過式加温型



HFO系：GWP=2

Sponsored by METI & NEDO

