



# できる、省エネルギー！ 産業用ヒートポンプ **博**書

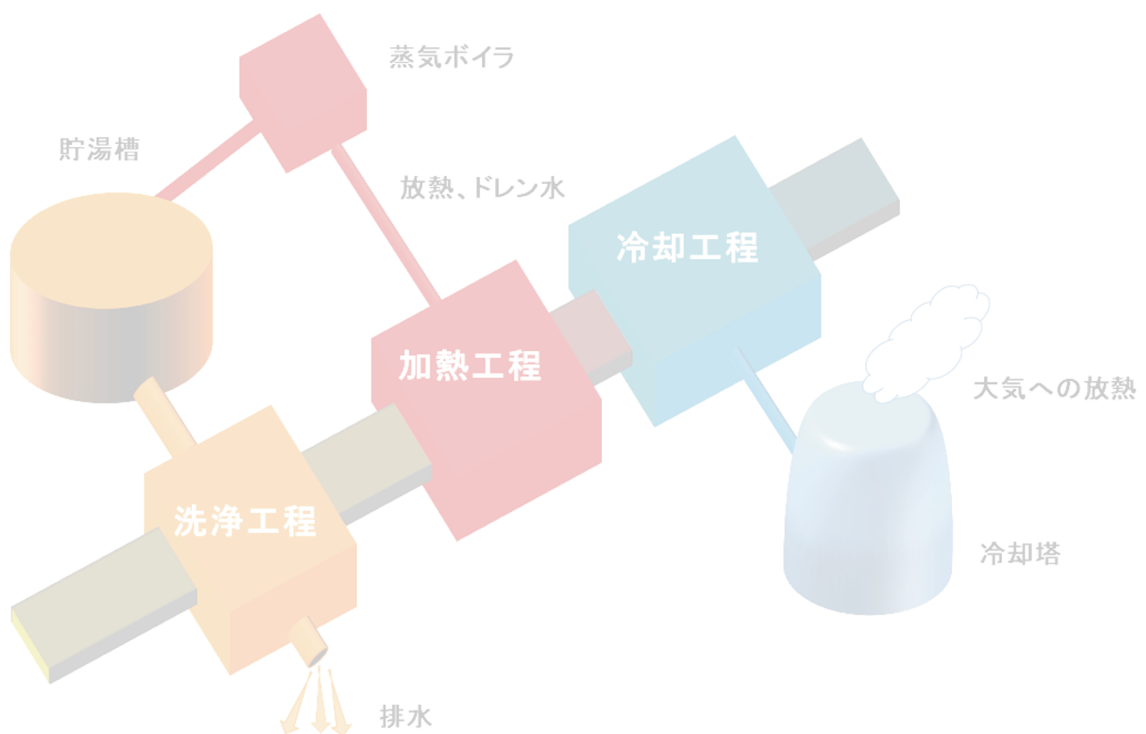
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

# はじめに

本書「できる、省エネルギー！産業用ヒートポンプ博書」は、工場の省エネルギーを検討されている方に産業用ヒートポンプについて博（ひろ）く知っていただくことを目的に、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のこれまでの調査結果や研究開発成果を基に作成しました。

産業用ヒートポンプは、これまで工場で捨てられていた熱を有効に使い、生産プロセスへ高効率に熱を供給できる装置で、省エネルギー化の切り札となるものです。装置そのものの効率が高だけでなく、制御性もよいことから、生産プロセスのデジタル化やIoT化とも親和性が高く、工場全体の運用の改善にも役立ちます。日本全体に産業用ヒートポンプが普及することで、2030年時点で80PJ（ペタジュール）／年以上の省エネルギー効果をもたらされるという試算もあります。これは、産業部門で使われる全エネルギーの1%以上、燃料の輸入金額に換算すると年間1000億円にも及ぶ金額に相当します。

本書は、工場における熱の使われ方、熱をどれほど捨てているかを概算していただくための方法、その熱を有効利用できる産業用ヒートポンプの仕組み、導入の事例、研究開発の最前線の情報を紹介しています。是非、本書をお読みいただき、みなさまの工場の省エネルギー化にお役立てください。



# 目次

工場で熱はこう使われている! ..... 1

産業用ヒートポンプで  熱のポイ捨て! ..... 3

産業用ヒートポンプの仕組み ..... 5

産業用ヒートポンプの種類と能力 ..... 6

産業用ヒートポンプの導入事例 ..... 7

ここに産業用ヒートポンプ ..... 9

「産業用ヒートポンプシミュレーター」で簡単検討 ..... 10

200℃の蒸気供給を目指して! ..... 11

欧州の産業用ヒートポンプの導入事例 ..... 13

## コラム

ヒートポンプ技術はいつから始まったの? ..... 4

温かいのになぜ「冷媒」というの? ..... 12

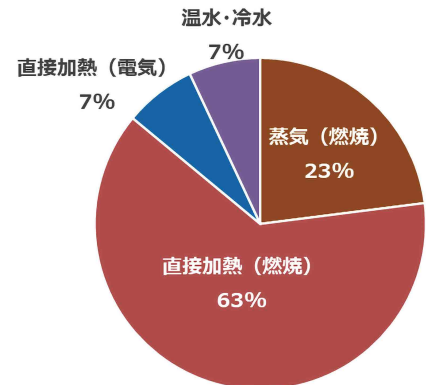
# 工場で熱はこう使われている！

産業用ヒートポンプは、工場で有効に使われていない熱を利用し、生産プロセスを省エネルギー化できる、優れた機械です。

まず、産業用ヒートポンプが導入される工場では、どのように熱を使っているのか、そして、どれくらいポイ捨てされているのかを見てみましょう。

## 工場における熱の供給方法

工場における熱の供給方法は、大半が化石燃料を燃焼することによる直接加熱で、20%以上がボイラーで作られた蒸気です。

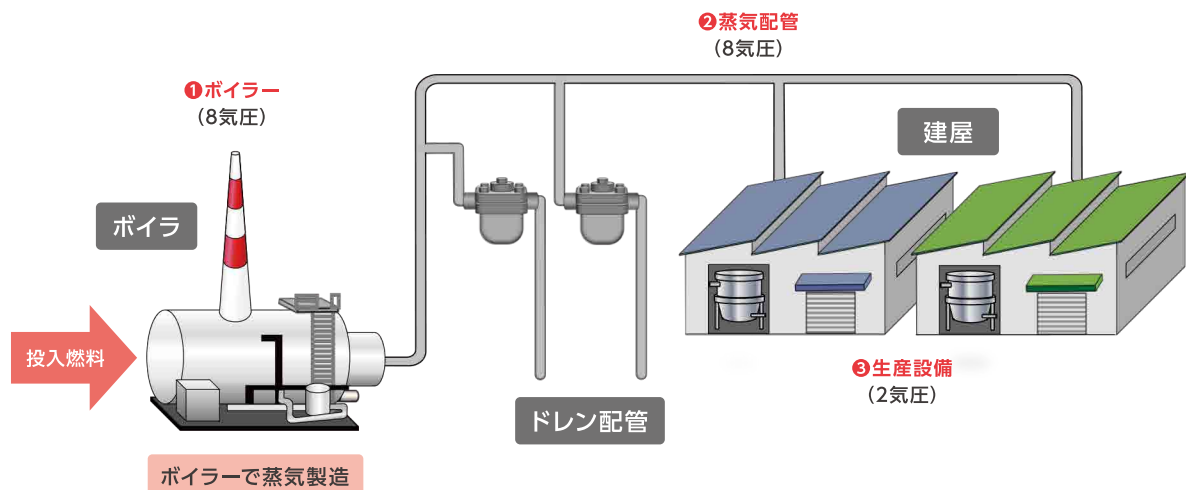


平成29年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査  
(熱の需給及び熱供給機器の特性等に関する調査)調査報告書を基に作成

## ボイラー蒸気が生産設備に届くまで

産業用ヒートポンプによる抜本的な省エネルギーが期待できる「蒸気」に絞って工場における典型的な熱の使い方を見てみましょう。

工場で使われる蒸気は、一般的に、1か所のボイラー室で集中的に高温・高圧の蒸気（例：170℃、8気圧）として製造され、数百mにも及ぶ蒸気配管を通じて、蒸気を利用する生産設備に供給されます。これを、利用する直前で、目的の温度になるように減圧弁で調整（例：120℃、2気圧）して使用しているのです。



# 熱のポイ捨て！ エネルギーをどのくらい捨ててるの!?

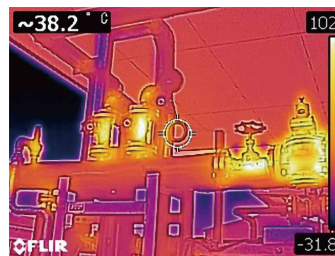
工場ではボイラー蒸気を熱源として使う場合、①ボイラー、②蒸気配管、③生産設備で熱のロスが多く発生しています。業種、生産設備の種類、経年劣化の有無によって差はあるものの、表のように投入燃料に対して30～70%もの熱のロスが生じています。

みなさんも、知らないうちに熱をポイ捨ててしまい、貴重なエネルギーを捨ててしまっているようなことはないでしょうか？

## ▶ 工場ではボイラー蒸気が生産設備に届くまでの熱のロス (文献[1]と[2]を基に作成)

場所	熱のロス (投入燃料に対するロス率)	主なロスの要因
①ボイラー	数%～20%	排ガス、放熱、ブロー、過剰空気比
②蒸気配管	十数%～50%	放熱、蒸気漏れ(バルブ、継手、トラップ)、過大設計
③生産設備	数%～20%	ドレン、放熱、蒸気漏れ(バルブ、継手、トラップ)
①+②+③	30%～70%	—

工場の蒸気供給システムから熱のロスをなくすことは、難しいことです。まずは、工場の蒸気の利用状況を確認して、熱のロスを把握することが重要です。赤外線カメラを使えば、写真左のように、放熱量が大きい箇所を特定することもできます。また、下の簡易的な計算をすると、熱のロスを概算できます。



▲ 温水タンクの蒸気バルブからの放熱  
(左：赤外線カメラによる熱画像、右：現場写真、文献[1])

## ！ 蒸気配管での熱のポイ捨て量を概算してみよう

工場ではボイラー蒸気が生産設備に届くまでの熱のロスにおいて、②蒸気配管における熱のロスがもっとも多くなっていました。工場の蒸気配管における熱のロスを年間投入燃料、配管長、配管表面積から概算できるようにしました。蒸気配管でどれほどの熱をポイ捨てしているか、みなさまの工場にあてはめて、試算してみましょう。

- 年間の蒸気配管ロス熱量 [GJ/年]  $\div 0.3 \times$  年間投入燃料 [GJ/年]
- 1時間あたりの蒸気配管ロス熱量 [GJ/h]  $\div$  配管長 [m] / 800  
 $\div$  配管表面積 [m<sup>2</sup>] / 300

# 産業用ヒートポンプで **NO MORE** 熱のポイ捨て！

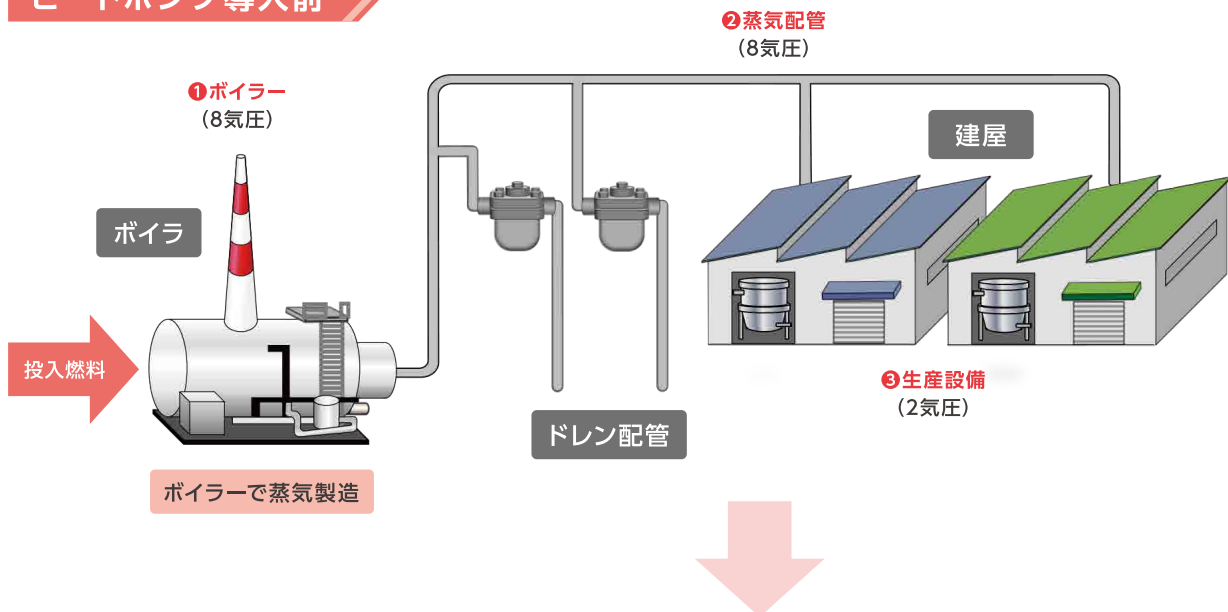
熱をどれほどポイ捨てしているか、調べてみた結果はいかがだったでしょうか？ 熱のポイ捨てが大きくなってしまった場合には、どのような対策が考えられるでしょうか？

たとえば、蒸気配管では、保温ジャケットの施工、増し保温施工、保温材の補修などにより熱のロスを減らせます。また、生産設備では、ドレンの回収や適切なドレントラップに交換することなどにより、熱のロスを減らせます。

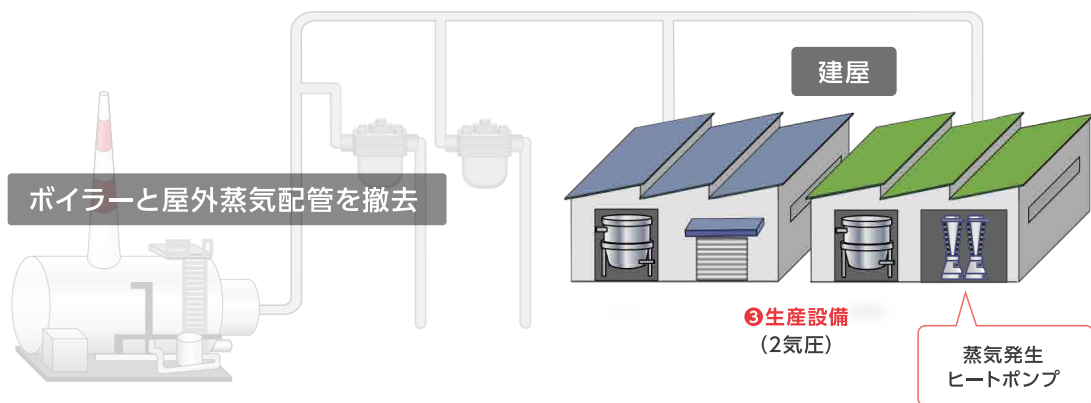
これらに加えて有効なのが産業用ヒートポンプです。ヒートポンプは、分散設置できる、高効率な熱源です。集中ボイラー方式からヒートポンプの分散設置に切り替えることで、熱のロスを大きく低減できます。また、工場から出る排熱を熱源として利用できるのも、排熱とうまく組み合わせられれば、大幅な省エネルギー化になります。

産業用ヒートポンプを使いこなせば、工場的大幅な省エネルギー化により、CO<sub>2</sub>排出量の削減やランニングコストの低減ができます。

## ヒートポンプ導入前



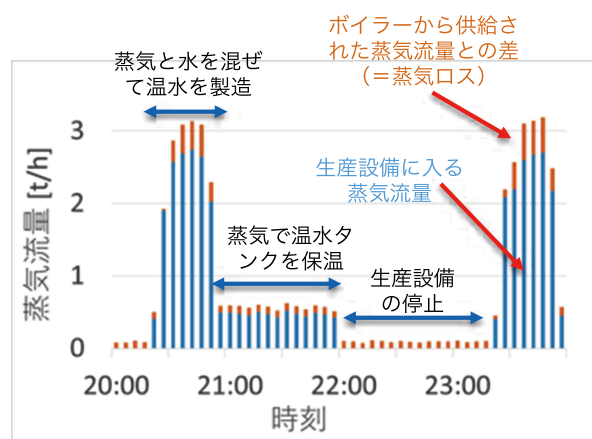
## ヒートポンプ導入後



▲ ヒートポンプの分散設置に切り替えることによる、蒸気配管の大幅短縮

また、捨てている熱を有効利用できるだけでなく、制御性のよさも産業用ヒートポンプのメリットといえます。たとえば、停止時間が長い生産設備も存在します。このような生産設備が長い蒸気配管につながっている場合には、生産設備が停止している間にもボイラーから蒸気が供給され続けて、熱が捨てられていることがあります。これは、ボイラーを起動してから生産設備に蒸気が到達するまでに数十分の時間がかかるなど、ボイラーを完全停止することが生産性の観点から難しいことによるものです。

生産設備に合わせて適切な時間に適切な量の熱を供給できることも、生産設備の近くに置ける産業用ヒートポンプのメリットといえます。



▲ 停止時間が長い生産設備における蒸気ロスの発生イメージ (文献[2]を基に作成)

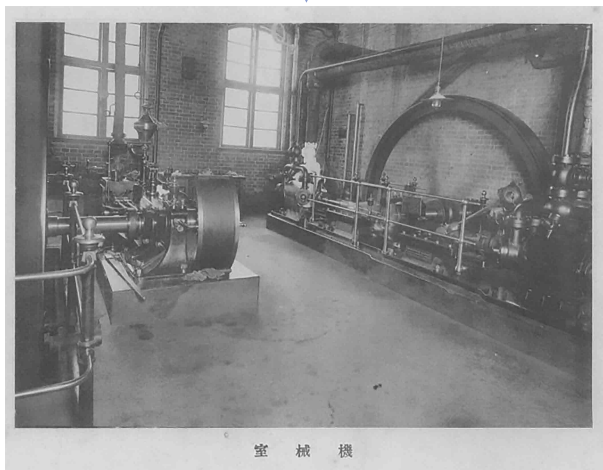
## ？ ヒートポンプ技術はいつから始まったの？

ヒートポンプ技術は、「夏でも氷が欲しい」という人間の欲求に応えるために、冷却・冷凍用として始まりました。それまでは、自然の氷を氷室に貯蔵しておき、夏期に使用していました。このような自然の氷や雪の利用ではなく、季節に関係なく人工的に氷を作り出すことは、長年の人類の夢でした。

初期の実用的な冷凍機としては、ビールの三大発明の一つ、リンデ社のアンモニア式冷凍機が挙げられます。リンデ社は、ミュンヘンにあるシュパーテン醸造所の協力を得て1日に6トンの氷を製造できる冷凍機を開発し、1873年に同醸造所にその第1号機を設置しています。この技術により、氷室利用や冬季のみ限定されていた下面発酵で造るラガービールが、年中効率よく生産できるようになりました。

日本でも、1919年頃から、国産の冷凍機が製造されるようになり、冷凍技術が普及します。一方、冷凍以外の分野では、1910年以降、米国において冷凍機を用いた空調技術が発展し、日本では1921年に農務省仲野養業試験所にアンモニア冷凍機を用いた冷房装置が施工され、1936年には東洋キャリア社が国産パッケージエアコンを開発していますが、当時は高価であったため、ごく少数の劇場や事務所でしか利用されませんでした。

旧醸造試験所第一工場(1904年設立)に設置された  
リンデ社が開発した初期の冷凍機(写真右側)



室 械 機

出典：大蔵省醸造試験所第十八回講習記念アルバム(横浜市、谷藤吉郎氏提供)

戦後は、産業用だけでなく、業務用や家庭用の空調・冷凍用として普及し、特に家庭用の冷房機として1952年に本格的な量産が始まっています。1960年にはルームクーラーがルームエアコンに名称が変更され、新たにJISが制定され、一般家庭に普及し始めました。このように、ヒートポンプ技術は、まず、冷凍用として技術が確立され、冷房も適用先として幅を広げながら、技術開発・普及が図られてきました。

# 産業用ヒートポンプの仕組み

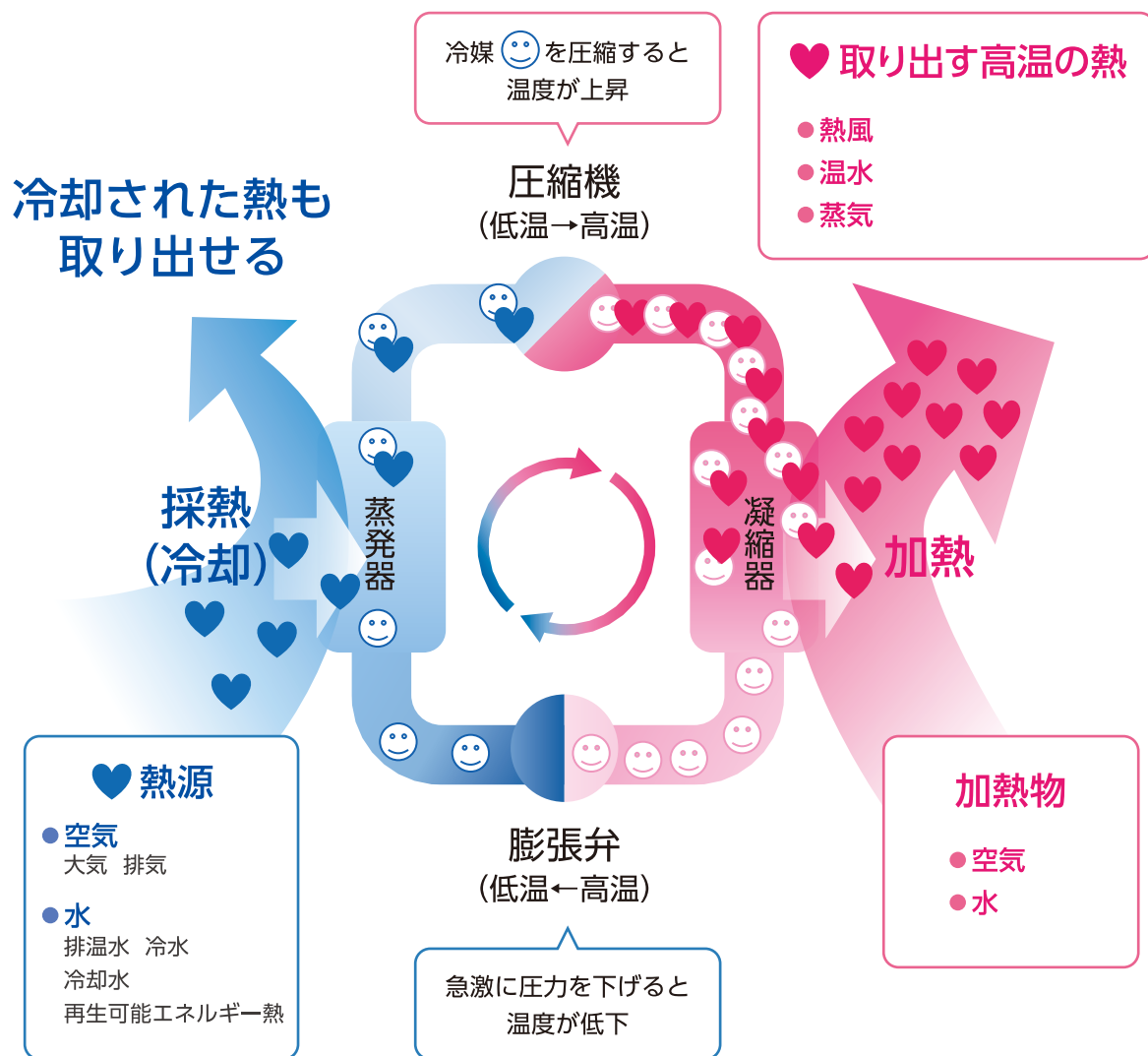
それでは、ヒートポンプの仕組みについて見ていきましょう。ヒートポンプというと、一般には加熱する装置とイメージされていますが、実は、加熱している裏側で、冷却も行われています。ヒートポンプは、加熱と冷却をセットで行うことにより熱を移動させる装置です。

たとえば、ヒートポンプの一種であるエアコンで暖房した場合、室内は加熱されますが、室外におかれた室外機から排出される空気は外気温よりも低くなります。

## 加熱だけで高効率！冷却も同時に行うともっと高効率！

利用法の面からの分類では、加熱のみに用いる「加温型」、冷却のみに用いる「冷凍機」、加熱と冷却の両方を同時に利用する「冷温同時利用型」があります。

冷却側の熱も利用することができますので、加熱と冷却を組み合わせた使い方ができる場合には、より高効率で運転することができることとなります。冷温同時利用型は、ユーザーの用途に応じて加熱と冷却の両方を利用できるような機種です。



▲ ヒートポンプによる加熱と冷却の仕組み



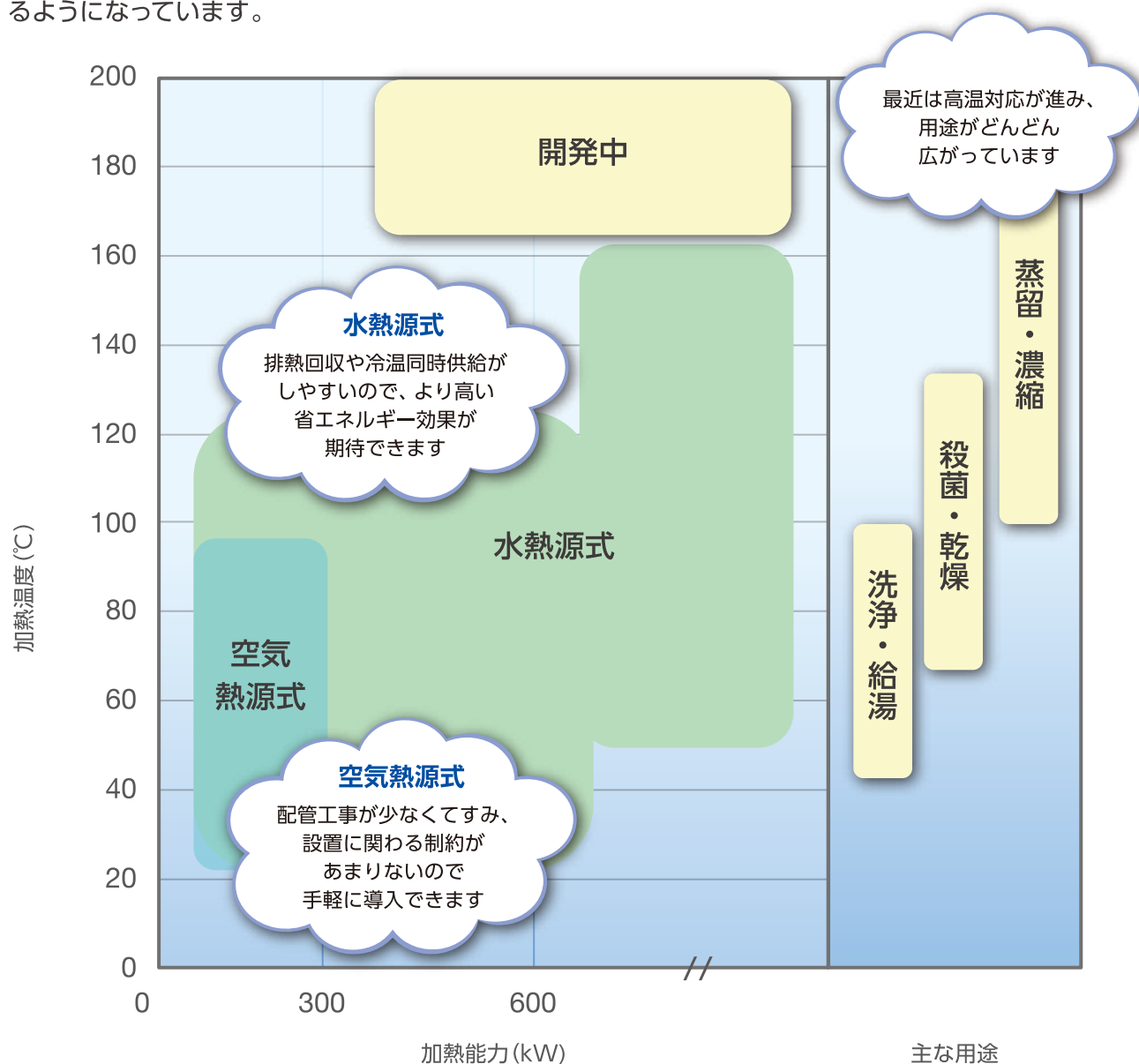
# 産業用ヒートポンプの種類と能力

ヒートポンプは、熱源(冷却側)の媒体によって分類されます。熱源として液体を用いる「水熱源式」と気体を用いる「空気熱源式」です。

空気熱源式は、外気から採熱する構造になっており、熱源に関わる工事がほとんど必要ありません。したがって、設置場所に関する制約が少なくユーザーにとっては比較的導入しやすい装置と言えるでしょう。

水熱源式は、液体から採熱する構造のため、多くの場合において熱源側に配管工事が必要になります。しかし、工場の排熱を配管によってヒートポンプに供給すれば、排熱の回収が可能であり、工場にあわせてカスタマイズすることで全体としての効率を高めることができるという特徴があります。

空気熱源式は、現在では100℃以下の温水を供給する装置しか存在しませんが、水熱源式の場合、100℃を超える蒸気を製造できる機種も開発されてきており、装置の進化により、適用できる用途はどんどん広がっています。中には165℃の蒸気を製造できるものもあり、ボイラーからの代替もできるようになっています。



▲ 産業用ヒートポンプの種類と能力(メーカーカタログや文献[3]を基に作成)

# 産業用ヒートポンプの導入事例

日本では、食品の殺菌、化学薬品の濃縮、塗装品の乾燥、蒸留酒の蒸留などの生産プロセスへの産業用ヒートポンプの導入事例がすでに100件以上あります。

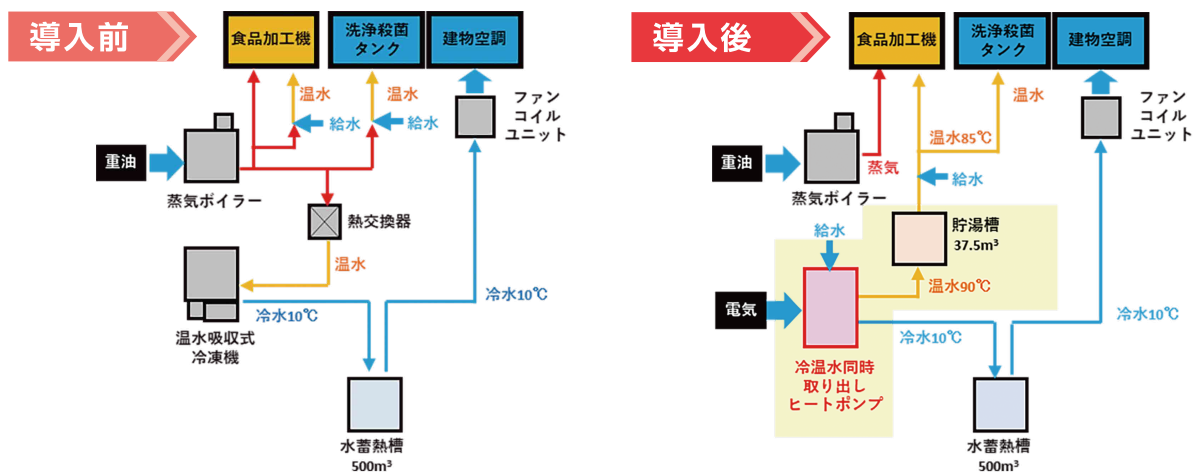
産業用ヒートポンプが発生する熱は、温水、温風、蒸気の3種類です。生産プロセスへの導入がもっとも進んでいるのが「温水」出力のものです。特に、洗浄工程や茹で工程、間接加熱による乾燥工程や殺菌工程に導入されており、食品産業に多く導入されています。「温風」出力のものは、乾燥工程を中心に市場規模が大きく、機械産業に多く導入されています。導入されている生産プロセスとしては、バッチ処理の機械を複数台同時に使用するような機器が中心です。さらに、「蒸気」出力のものについては、もっとも多様な利用法がありますが、現在は食品産業の導入事例が多くなっています。

ここでは、市場ポテンシャルや導入効果においてモデルケースとなる産業用ヒートポンプの導入事例(文献[4])を3件紹介します。

## 事例1:食品工場の空調と加工ラインへ冷水・温水同時供給

冷水と温水を同時に取り出しできる80kW /台のヒートポンプ(水熱源エコキュート)を3台設置し、食品加工機と殺菌・洗浄工程へ90℃の温水を供給することにより、2台の蒸気ボイラーを置き換えました。また、冷水をビルの空調へ活用することにより、1台の吸収式冷凍機も省略して、環境性と経済性を大幅に改善しました。

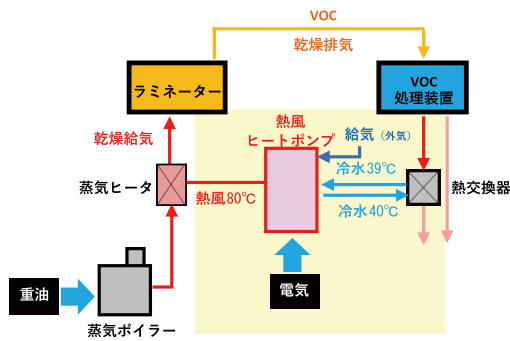
貯湯槽によりオフピークの夜間にお湯をためられ、始業時に90℃のお湯を供給できるようになりました。



産業	食品(フリーズドライ食品の製造)
プロセス	食品加工、殺菌、洗浄、ビル空調
熱供給	冷水、温水供給
目的	設備の更新、省エネルギー、エネルギーコスト削減
システム	冷水と温水の同時取り出しヒートポンプ(水熱源エコキュート)(80 kW×3台)
効果	87% CO <sub>2</sub> 排出量削減、80% エネルギーコスト削減

## 事例2：化学工場の排熱を回収し乾燥ラインへ熱風供給

導入後



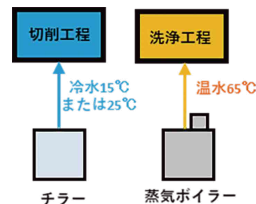
大気汚染防止法の改正により、揮発性有機化合物 (VOC) 処理装置が工場に設置されましたが、VOC 処理装置から 55°Cの排熱が発生していました。

VOC 処理装置からの排熱を有効活用するために、包装フィルムをラミネートする際の乾燥プロセスへ熱風供給ヒートポンプが適用され、排気ガスと熱交換された 39°Cの水を熱源として、80°Cの熱風を蒸気ヒーターに供給します。これにより、重油ボイラーによる蒸気発生量を大幅に削減できました。

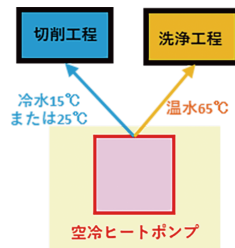
産業	化学 (プラスチックフィルムの製造)
プロセス	ドライラミネート乾燥
熱供給	熱風供給
目的	揮発性有機化合物 (VOC) 処理装置からの排熱の有効利用
システム	CO <sub>2</sub> 熱風ヒートポンプ(108kW×1台)
効果	60%一次エネルギー消費量削減、72%CO <sub>2</sub> 排出削減、75%エネルギーコスト削減

## 事例3：自動車部品工場の切削・洗浄ラインへ冷水・温水同時供給

導入前



導入後



自動車部品の切削工程に用いる切削液を冷却するために、従来は小型チラーで 15°Cまたは 25°Cの冷水を供給していました。また、洗浄工程に用いる洗浄液を加熱するために、ボイラーで 65°Cの温水を供給していました。このボイラーで作られた蒸気は、300m 離れたボイラー室から供給されており、総合的な熱効率に換算すると 0.2 しかありませんでした。

そこで、冷水と温水の熱供給システムを洗浄工程の近くに設置し、エネルギー消費効率 (COP) が 5 で冷水と温水を供給することを可能とし、環境性と経済性を大幅に改善しました。

運転モードの切り替えができ、加熱だけの COPは 3、冷却だけの COPは 5に達します。また、蒸気配管が不要となったため、従業員のやけどや配管からの蒸気漏れの心配がなくなり安全性も向上しました。

産業	機械 (自動車部品の製造)
プロセス	切削、洗浄
熱供給	冷水、温水供給
目的	CO <sub>2</sub> 排出量の削減 (蒸気配管ロスの大幅削減、高効率冷却・加熱)
システム	冷水と温水の同時取り出しヒートポンプ (22.3kW×6台、43.5kW×8台)
効果	84%一次エネルギー消費量削減、 80% CO <sub>2</sub> 排出量削減、 79% エネルギーコスト削減、 33% 投資コスト削減

# ここに産業用ヒートポンプ

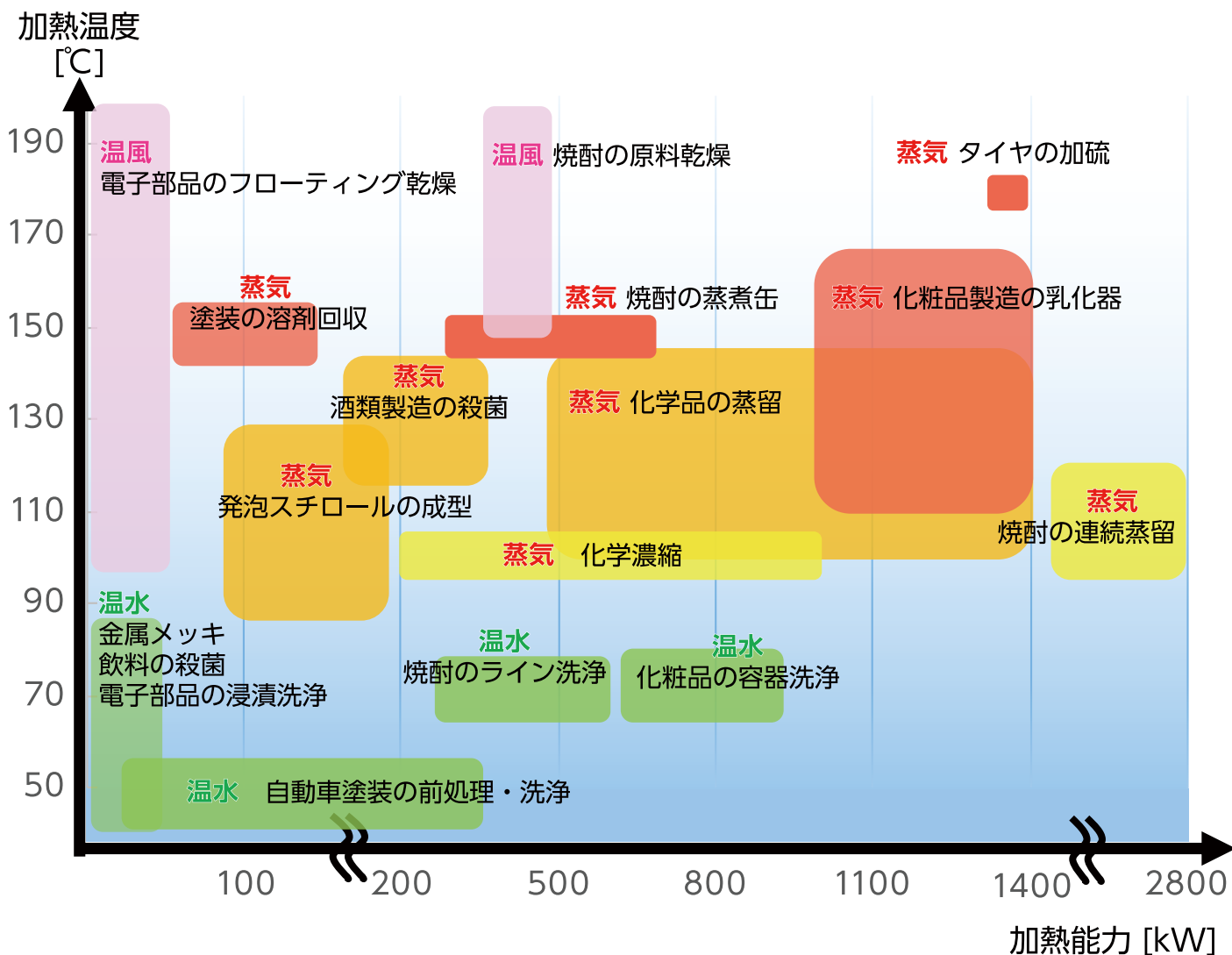
ここでは、産業用ヒートポンプの導入により、高い省エネルギー効果が見込める生産工程を例示としてまとめました。

温水については、洗浄に多く使用されています。洗浄の場合には、洗剤や溶剤と合わせて使用することが多くなっています。また、使用温度帯は60℃から80℃までが多くなっています。

温風については、乾燥にもっとも多く使用されています。バーナーやヒーターなどの加熱装置とブローワーを組み合わせた構成になることが多く、200℃以上の高温が要求されることもあるため、産業用ヒートポンプと既存の加熱装置を併用することも効果的です。

蒸気については、もっとも多様な用途があります。蒸気の使用量が多すぎるのは、石油・化学産業の蒸留・濃縮で、次いで紙パルプの蒸解です。これらの工程では、一般に専用設備を用いており、一日の稼働時間が長くなっています。また、蒸気は、熱交換すれば、乾燥に使用することもできます。

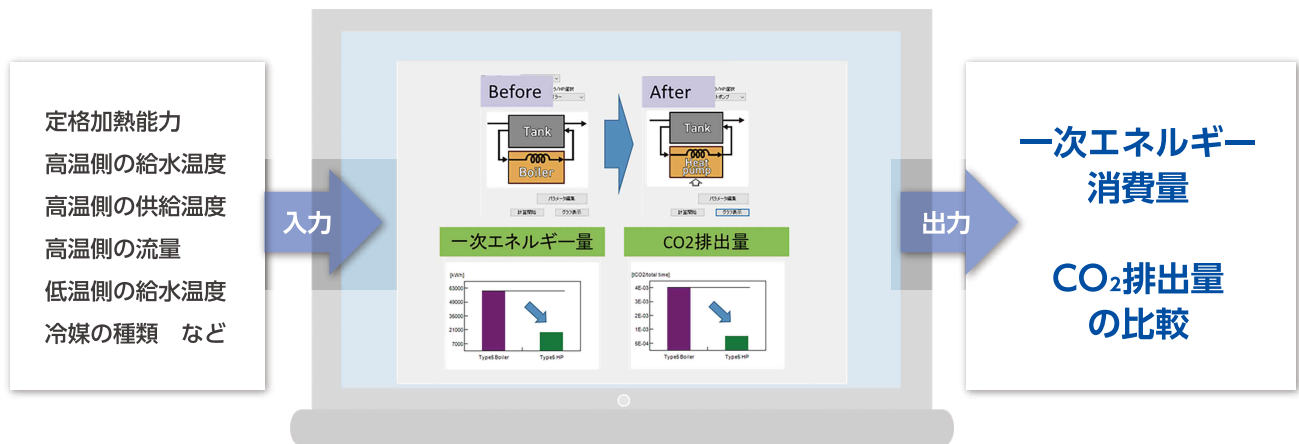
なお、産業用ヒートポンプで高い省エネルギー効果を得るためには、近傍に排温水があることが重要なポイントとなります。



▲ 産業用ヒートポンプの導入が有望な製造工程の例 (文献[2]を基に作成)

# 「産業用ヒートポンプシミュレーター」で簡単検討

産業用ヒートポンプの適用検討には、時間とコストが多大にかかり、このことが産業用ヒートポンプの導入の大きな障壁となっています。そのため、ヒートポンプの導入効果を定量評価でき、事前の適用検討を容易にする「産業用ヒートポンプシミュレーター」を開発しました(文献[5])。エネルギー管理士が簡単な操作で利用できることを目指しています。



▲ 産業用ヒートポンプシミュレーターの入力と出力

産業用ヒートポンプシミュレーターは、  
どのようなヒートポンプに対応しているのですか？

想定する使い方に合わせて、

2×2×2 種類のパターンに対応しています。

- ・循環加温：タンクを介して、循環して加温する
- ・非循環加温：タンクを介さずに、加温する
- ・置換：従来の機器をヒートポンプで置換する
- ・予熱：既設の機器に対して予熱する
- ・冷温同時利用あり：温水と冷水を同時に利用する
- ・冷温同時利用なし：冷水を利用せず、加熱のみ利用する



産業用ヒートポンプシミュレーターでは  
どのような計算をすることになるのですか？

冷媒の種類や定格加熱能力、各時刻における給水温度や  
流量を入力し、計算を実行します。

この計算の結果、一次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量、  
一次エネルギー消費の詳細な時間変化、COP、  
加熱能力を計算結果として出力することができます。

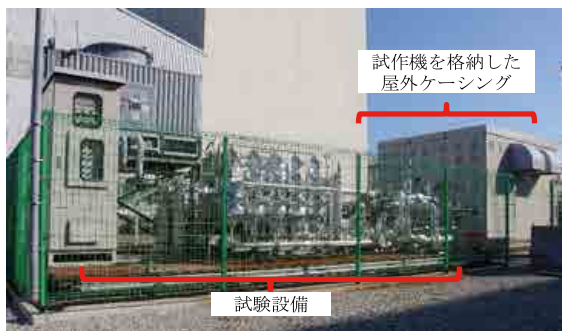


# 200℃の蒸気供給を目指して!

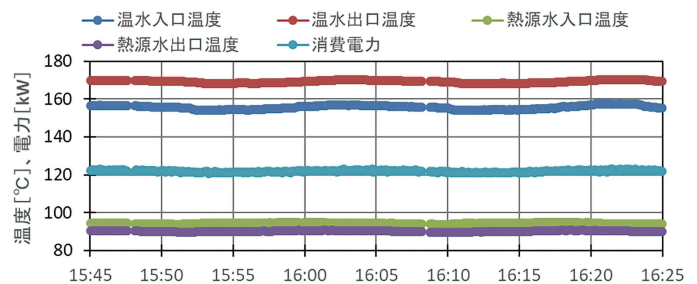
現在、商品化されている産業用ヒートポンプでは、165℃までの蒸気を供給するものが最高温度となっています。最高200℃までの蒸気ニーズに対応するため、NEDOでは、工場の生産プロセスで廃棄されている80～100℃の未利用熱を回収し、160～200℃の蒸気を供給するヒートポンプの開発を実施しています(文献[6])。研究開発の最前線として、開発中の試作機や検討状況を紹介します。

## 試作機を用いた170℃の高圧高温水供給の確認

・三菱重工サーマルシステムズ株式会社が、既存製品の既存冷媒の代わりに、高温域に適した新型候補冷媒を封入した試作機(加熱能力221kW)を用いて、温水出口170℃の安定した高圧高温水を供給できることを確認しました。



▲ 試作機と試験設備の外観



▲ 試作機における 170℃温水出力の状況

## 200℃の蒸気を供給できる試作機の製作

・株式会社 前川製作所が、ハイドロフルオロオレフィン系冷媒を用いて、80℃の温排水を回収し、最高200℃の蒸気を供給できる試作機(加熱能力300kW)を製作しています。

・ハイドロフルオロオレフィン系冷媒に適したオイルフリーターボ圧縮機を製作し、性能確認試験を実施しています。



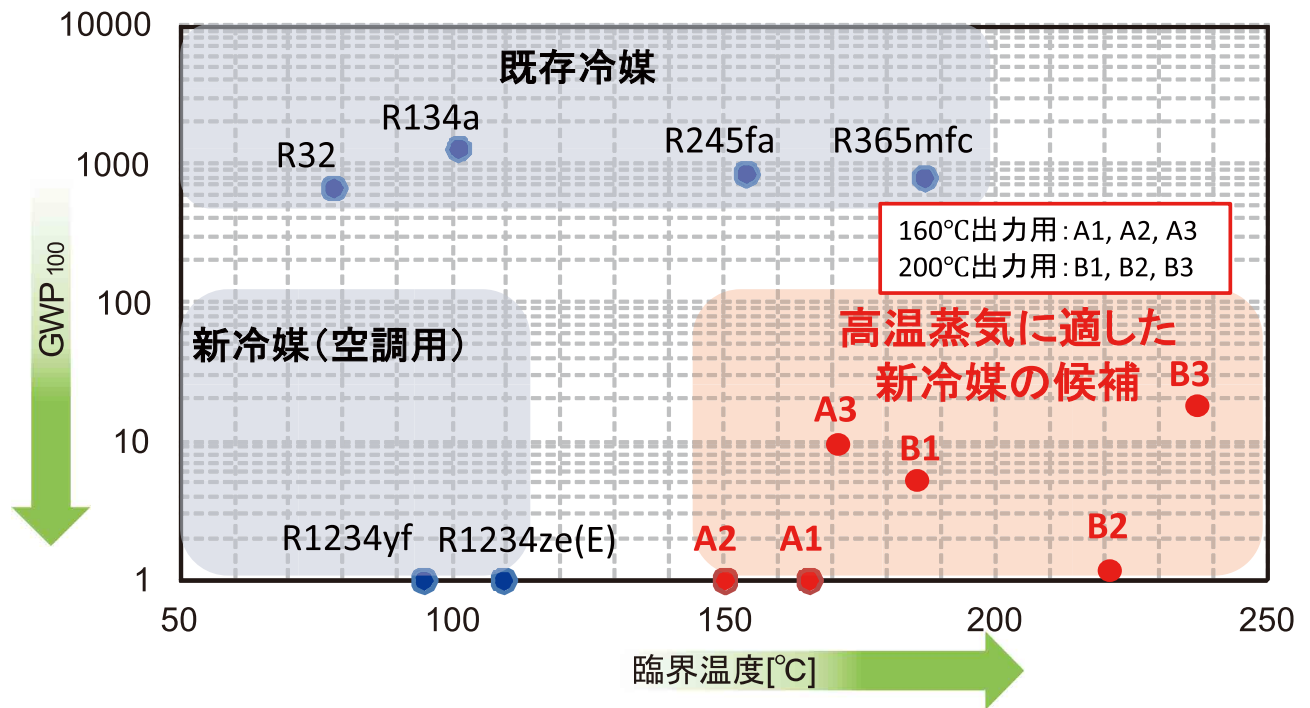
▲ 試作機の外観



▲ オイルフリーターボ圧縮機

## 新たな冷媒の探索

蒸気の供給温度を上げるためには、熱伝導性と熱安定性に優れ、ヒートポンプサイクルの設計圧力を低減できる沸点の高い冷媒を選択する必要があります。また、冷媒には、地球温暖化係数(GWP)が高いもの、燃えやすいもの、毒性があるものもあります。大量生産のための製造方法や安全性も含めて、多様な観点から、最適な冷媒を探索しています。



▲ 新冷媒候補の臨界温度と地球温暖化係数 (GWP)

### ? 温かいのに、なぜ「冷媒」というの？

冷媒は、英語では refrigerant と書きます。これは、refrigerate「冷蔵する、凍らせる」という動詞の語幹に、-ant「～するもの」という接尾語が付いたもので、「凍らせるもの」を意味しています。

冷媒を使った冷凍サイクルは、1824年にフランスのサディ・カルノーによって提唱された冷凍サイクル理論を、エチルエーテルを冷媒としたパーキンスの圧縮式冷凍機が最初に実現させたものといわれています。

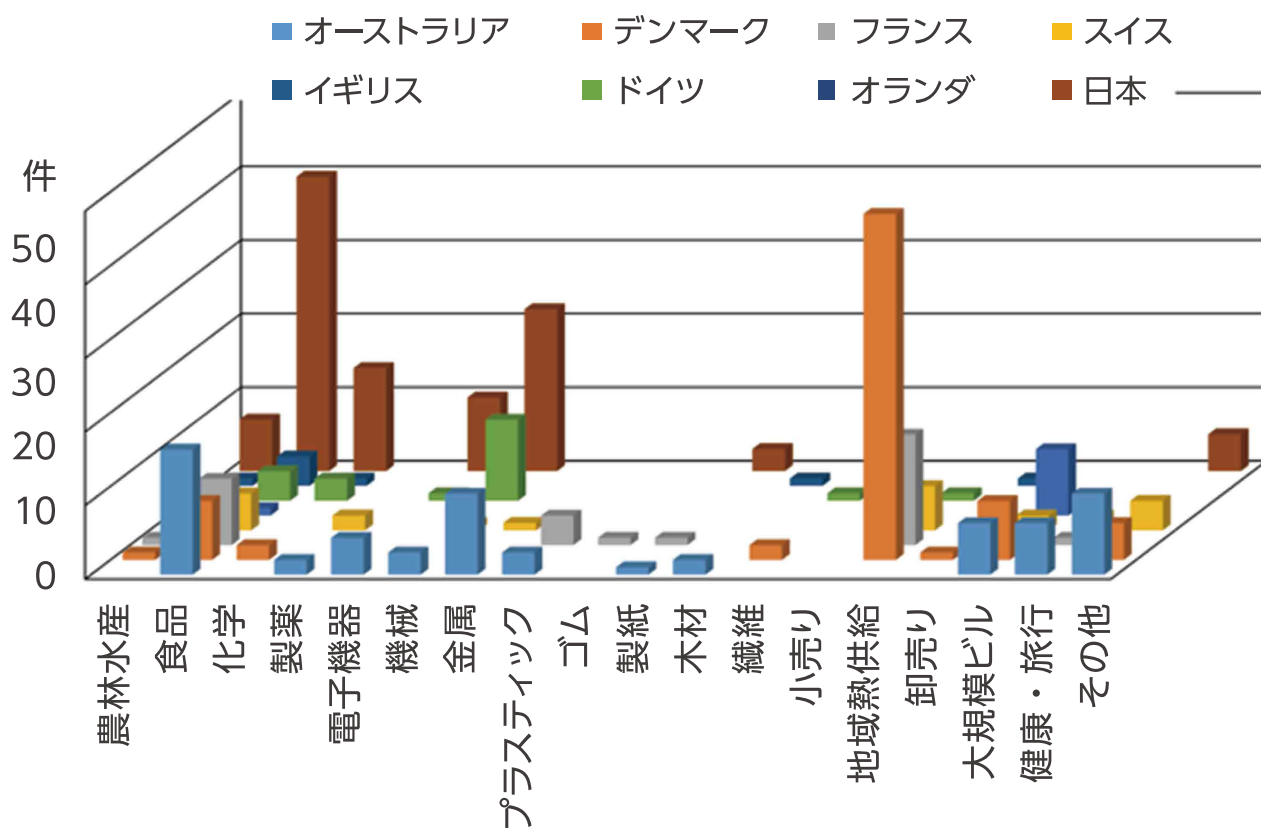
このような古くからの冷凍サイクルの歴史を背景に、現在では、冷却用途の熱搬送の媒体だけでなく、加熱用途の熱搬送の媒体についても、冷媒という用語が使われ続けています。

## 欧州の産業用ヒートポンプの導入事例

日本以外でも、産業用ヒートポンプの開発が進められています。国際エネルギー機関 (IEA) のヒートポンプ技術協力プログラム (IEA TCP HPT) の活動 (※) では、欧州と日本における合計342件の産業用ヒートポンプの導入事例が公開されています (文献[4])。

海外と比較すると、日本では工業分野を中心として産業用ヒートポンプの導入が進んでいることが分かります。

一方、デンマークやフランスでは、地域熱供給における導入が進んでいます。産業用とは目的が違つかも知れませんが、日本でも寒冷地では参考にできるかも知れません。



▲ 国別と業種別の産業用ヒートポンプの導入事例の件数 (文献[4]を基に作成)

※NEDOは、2004年度からIEAのヒートポンプ技術協力プログラム (IEA TCP HPT) に参加しています。産業用ヒートポンプに関しては、2016年度から2018年度まで、同プログラム内にある産業用ヒートポンププロジェクト (アネックス48) に参画しました。アネックス48では、日本と欧州の合計8カ国の代表機関が協力して、産業用ヒートポンプに関する技術情報の共有と分析を行いました。このような活動を通して産業用ヒートポンプを世界的に広め、エネルギー消費と温室効果ガス排出の削減に貢献することを狙いとしています。



## おわりに

省エネルギー化の切り札の一つといわれている産業用ヒートポンプですが、そのポテンシャルに比べて、導入が進んでいるわけではありません。

生産工程に産業用ヒートポンプを適切に組み込むためには、生産工程そのものの知識(必要な温度と熱量はいくらか、近くにある排熱量と排熱温度はどうか)だけでなく、産業用ヒートポンプに関する知識(温度差から効率がどの程度になるか)も必要となります。

産業用ヒートポンプの適用に必要な両方の知識を有することは容易ではありませんが、本書が、みなさまの抜本的な省エネルギー化の検討の足がかりになれば幸いです。

# 参考文献、参考URL

- 1 成果報告書「工場の製造プロセスにおける蒸気等の熱利用実態の把握及びモデル化検討／無負荷時ボイラ蒸発量計測による熱損失の分析」、NEDO(委託先：東京電力エナジーパートナー株式会社)、契約管理番号18102466-0、2019年12月

NEDO成果報告書データベース



[https://www.nedo.go.jp/library/database\\_index.html](https://www.nedo.go.jp/library/database_index.html)

- 2 成果報告書「工場の製造プロセスにおける蒸気等の熱利用実態の把握及びモデル化検討／国内工場のエネルギー測定実施結果に基づく分析」、NEDO(委託先：中部電力株式会社)、契約管理番号18102461-0、2019年12月

- 3 「産業用ヒートポンプ.COM」、一般社団法人日本エレクトロヒートセンター



<https://sangyo-hp.jeh-center.org/>

- 4 Industrial Heat Pumps, IEA HPT TCP ANNEX 48

Map Europe <https://waermepumpe-izw.de/karte-europa>

Map Japan <https://waermepumpe-izw.de/karte-japan>



<https://waermepumpe-izw.de/>

- 5 ニュースリリース「ヒートポンプ導入効果を定量評価できる「産業用ヒートポンプシミュレーター」を開発」、NEDO、未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合、学校法人早稲田大学、一般財団法人金属系材料研究開発センター、株式会社前川製作所、2020年9月9日



[https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_101353.html](https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101353.html)

- 6 プロジェクト「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」、NEDO



[https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100097.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100097.html)

## 謝辞

本書の作成にあたり、一般社団法人日本エレクトロヒートセンターをはじめとする関係各位から多大なサポートをいただきましたこと、深く御礼申し上げます。

#### 【本書策定チーム】

国立研究開発法人 新エネルギー・

産業技術総合開発機構 (NEDO)

省エネルギー部 開発第二グループ

- 小林 正典 主幹
- 岩坪 哲四郎 特定分野専門職
- 小笠原 有香 主任
- 太田 年彦 主査
- 亀田 治邦 主査
- 占部 亘 主査



## 国内拠点

### 本部

〒212-8554  
神奈川県川崎市幸区大宮町1310  
ミューザ川崎セントラルタワー（総合案内16F）  
TEL:044-520-5100（代表） FAX:044-520-5103

### 関西支部

〒530-0011  
大阪府大阪市北区大深町3-1  
グランフロント大阪 ナレッジキャピタル タワーC 9F  
TEL:06-4695-2130 FAX:06-4695-2131

## 海外事務所

### ワシントン

1717 H Street, NW, Suite 815  
Washington, D.C. 20006 U.S.A  
TEL:+1-202-822-9298  
FAX:+1-202-733-3533

### 欧州

10, rue de la Paix  
75002 Paris, France  
TEL:+3-3-1-4450-1828  
FAX:+3-3-1-4450-1829

### 北京

2001 Chang Fu Gong Office Building,  
Jia-26, Jian Guo Men Wai Street,  
Beijing 100022, P.R.China  
TEL:86-10-6526-3510  
FAX:86-10-6526-3513

### シリコンバレー

3945 Freedom Circle, Suite 790  
Santa Clara, CA 95054 U.S.A  
TEL:+1-408-567-8033  
FAX:+1-408-567-9831

### ニューデリー

15th Floor, Hindustan Times House,  
18-20 Kasturba Gandhi Marg,  
Connaught Place,  
New Delhi 110 001, India  
TEL:+91-11-4351-0101  
FAX:+91-11-4351-0102

### バンコク

8th Floor, Sindhom Building Tower 2,  
130-132 Wittayu Road, Lumpini,  
Pathumwan  
Bangkok 10330, Thailand  
TEL:+66-2-256-6725  
FAX:+66-2-256-6727

## 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー部

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番 ミューザ川崎セントラルタワー 20F  
TEL:044-520-5180（代表） FAX:044-520-5186  
<https://www.nedo.go.jp>