

# 産業熱利用の電化の鍵！ 高温ヒートポンプ技術の研究開発

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



# **1. 未利用熱エネルギーの 革新的活用技術研究開発（概要）**

2. 高温ヒートポンプの研究開発

3. 産業用ヒートポンプシミュレーター



# 未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発 実施目的

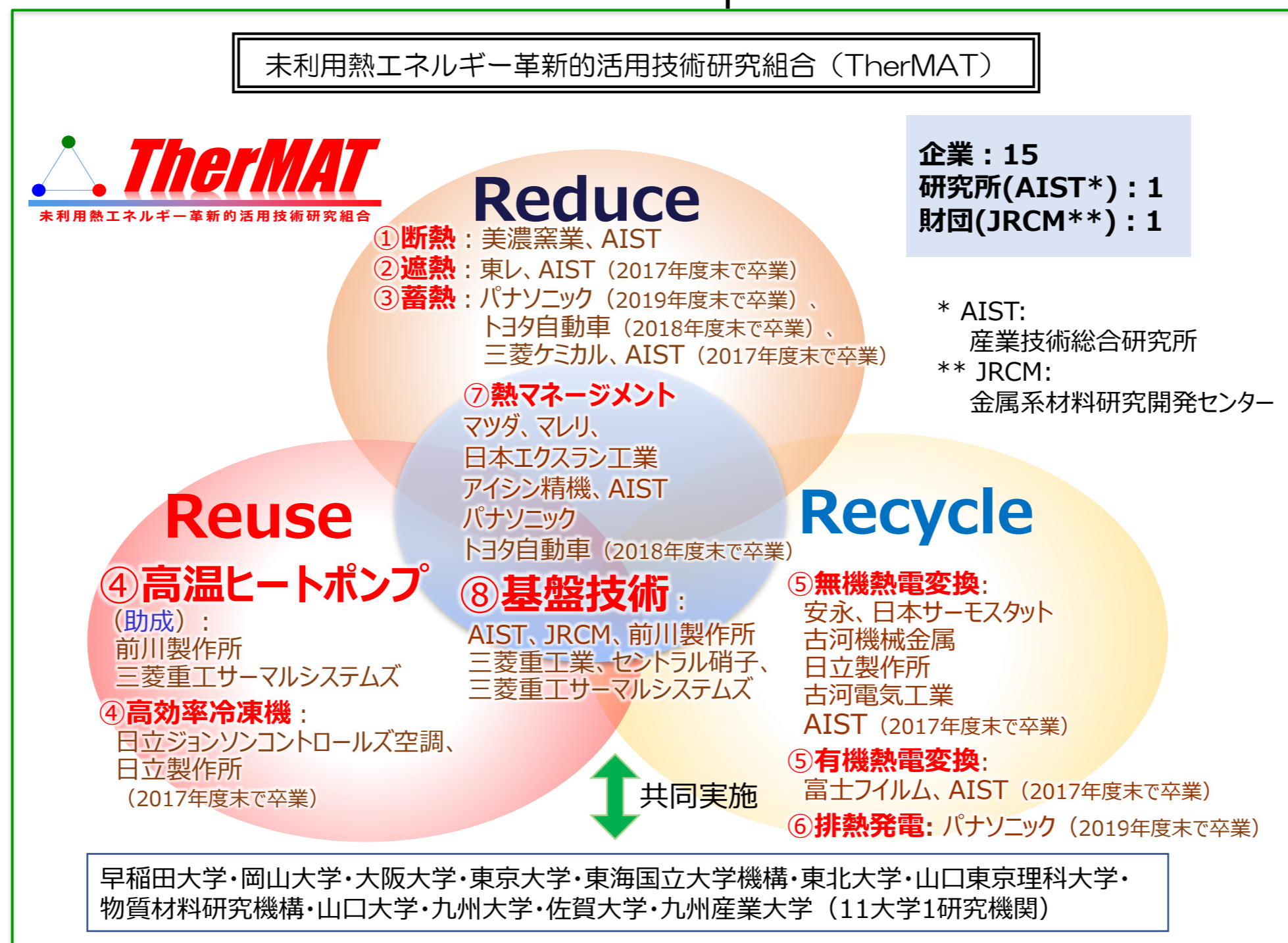
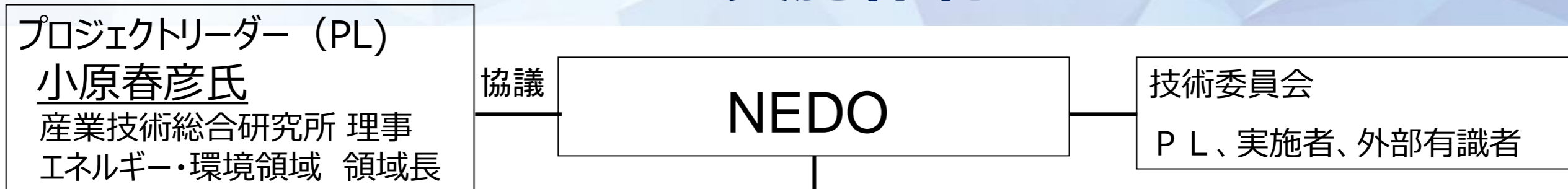
- 未利用熱を効果的に削減（**Reduce**）又は回収して再利用（**Reuse**）・変換利用（**Recycle**）するための技術（**熱の3R技術**）と**熱マネジメント技術**を産学官連携により中長期的・重点的に実施。
- ➡ 古くから研究開発の行われている当該分野の技術について、**未来の省エネルギーに向けたフロンティアとして革新し、2030年で原油換算で600万kL/年程度以上の省エネを目指す。**



実施期間：  
2015年度～2022年度

プロジェクトURL：  
[https://www.nedo.go.jp/activities/ZJP\\_100097.html](https://www.nedo.go.jp/activities/ZJP_100097.html)

# 未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発実施体制



委託  
 小規模研究開発  
 要素技術の探索・育成

1. 未利用熱エネルギーの  
革新的活用技術研究開発（概要）

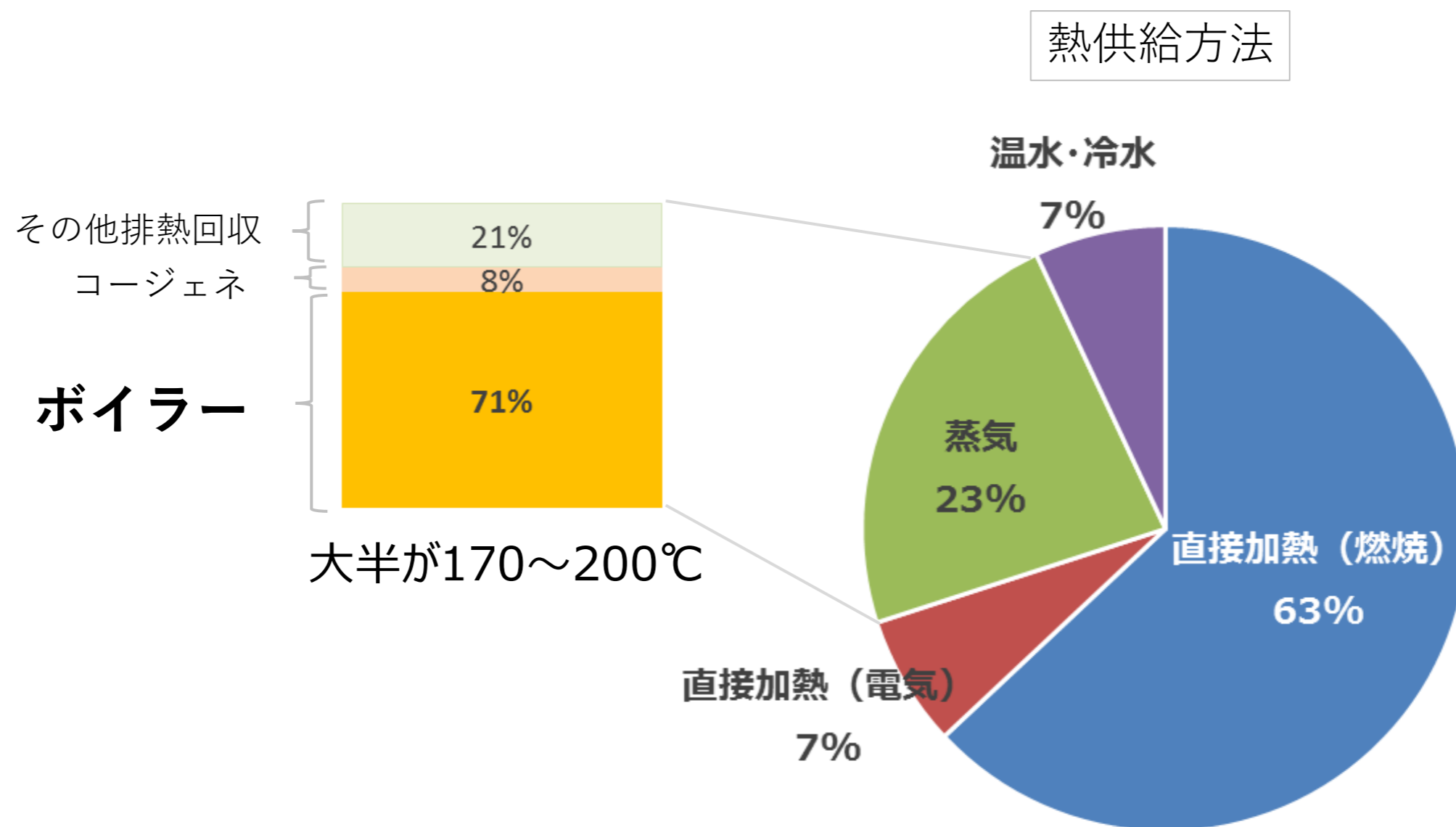
2. 高温ヒートポンプの研究開発

3. 産業用ヒートポンプシミュレーター



# 産業分野の熱供給の実態

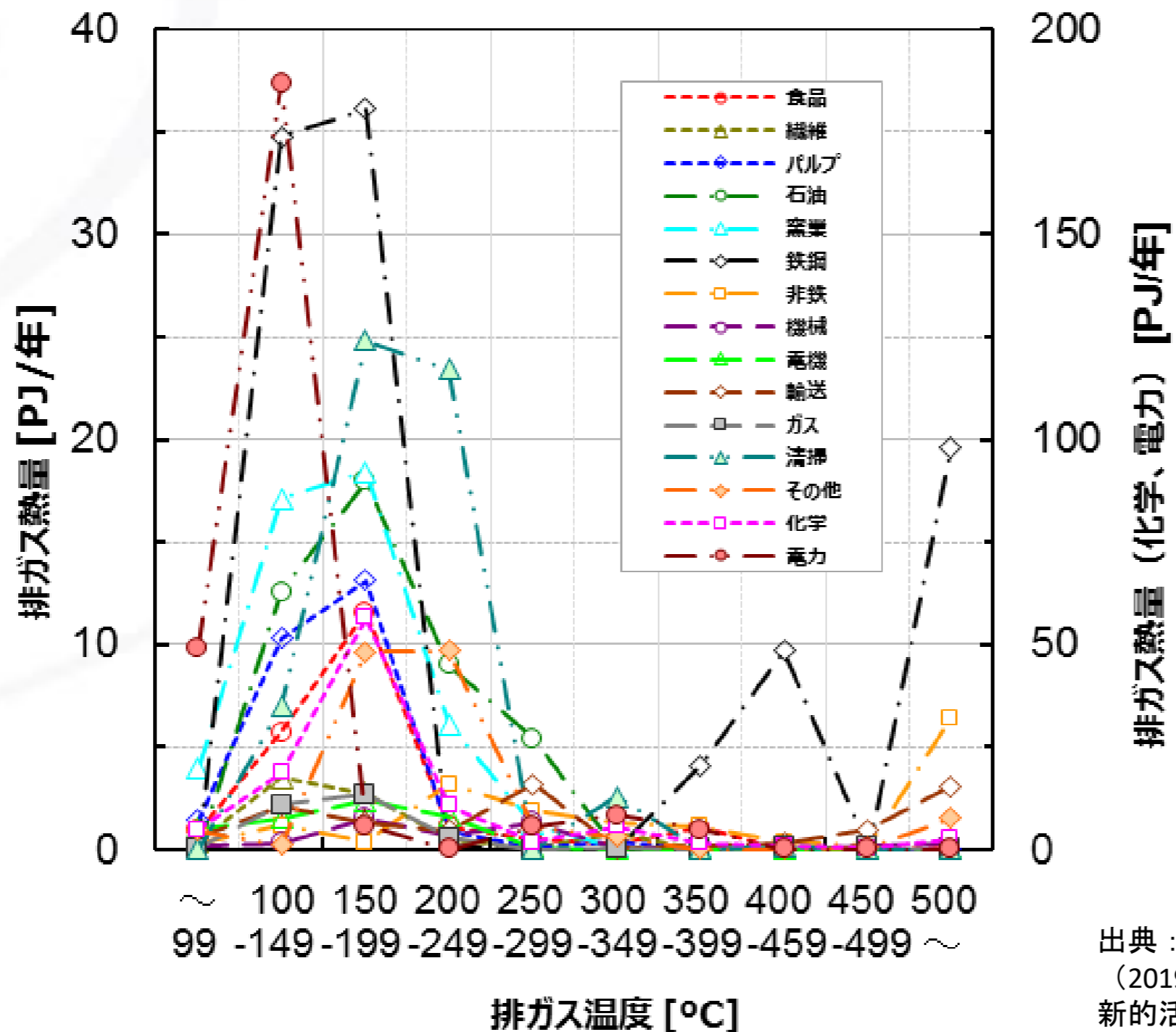
- 産業分野の熱供給において、その20%以上が蒸気であり\*、ほとんどが170℃以上200℃未満の化石燃料を使用したボイラー蒸気といわれている。



\*出典：「第15回エレクトロヒートシンポジウム」経済産業省資源エネルギー庁 省エネルギー課長 基調講演資料  
 （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）調査報告書から作成）

# 産業分野の排熱の実態

- 200℃未満の熱の多くが使われずに環境中に捨てられている。



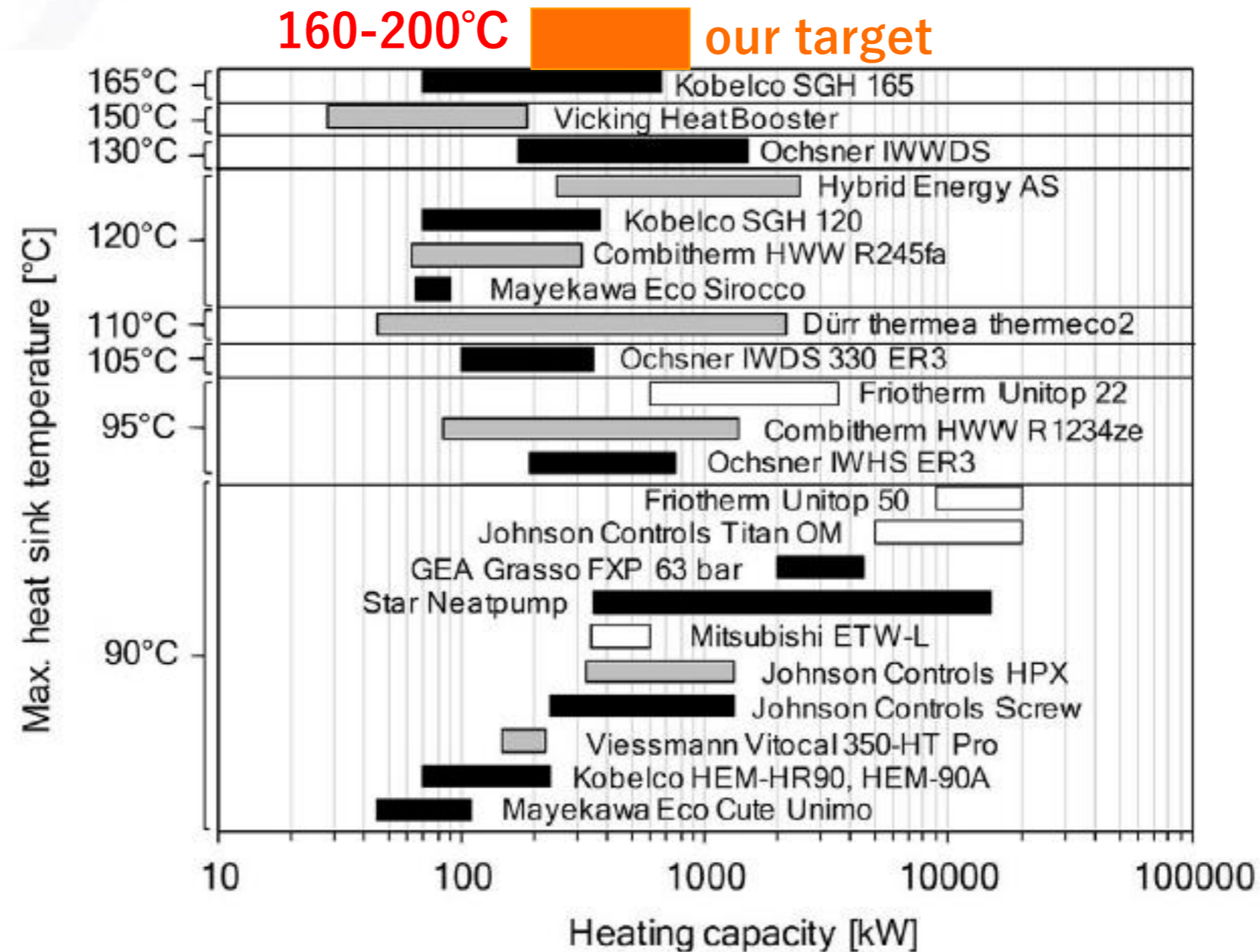
業種別・温度帯別の未利用熱量（排ガス熱量）の全国推定値（化学、電力は右軸）

出典：産業分野の排熱実態調査 調査報告書  
 （2019年3月、NEDO／未利用熱エネルギー革  
 新的活用技術研究組合）

<http://www.thermat.jp/HainetsuChousa/>

# 高温ヒートポンプの研究開発のポジション

- 最高200℃の熱を供給する産業用高効率高温ヒートポンプの開発は、世界でも前例のない挑戦的なもの。

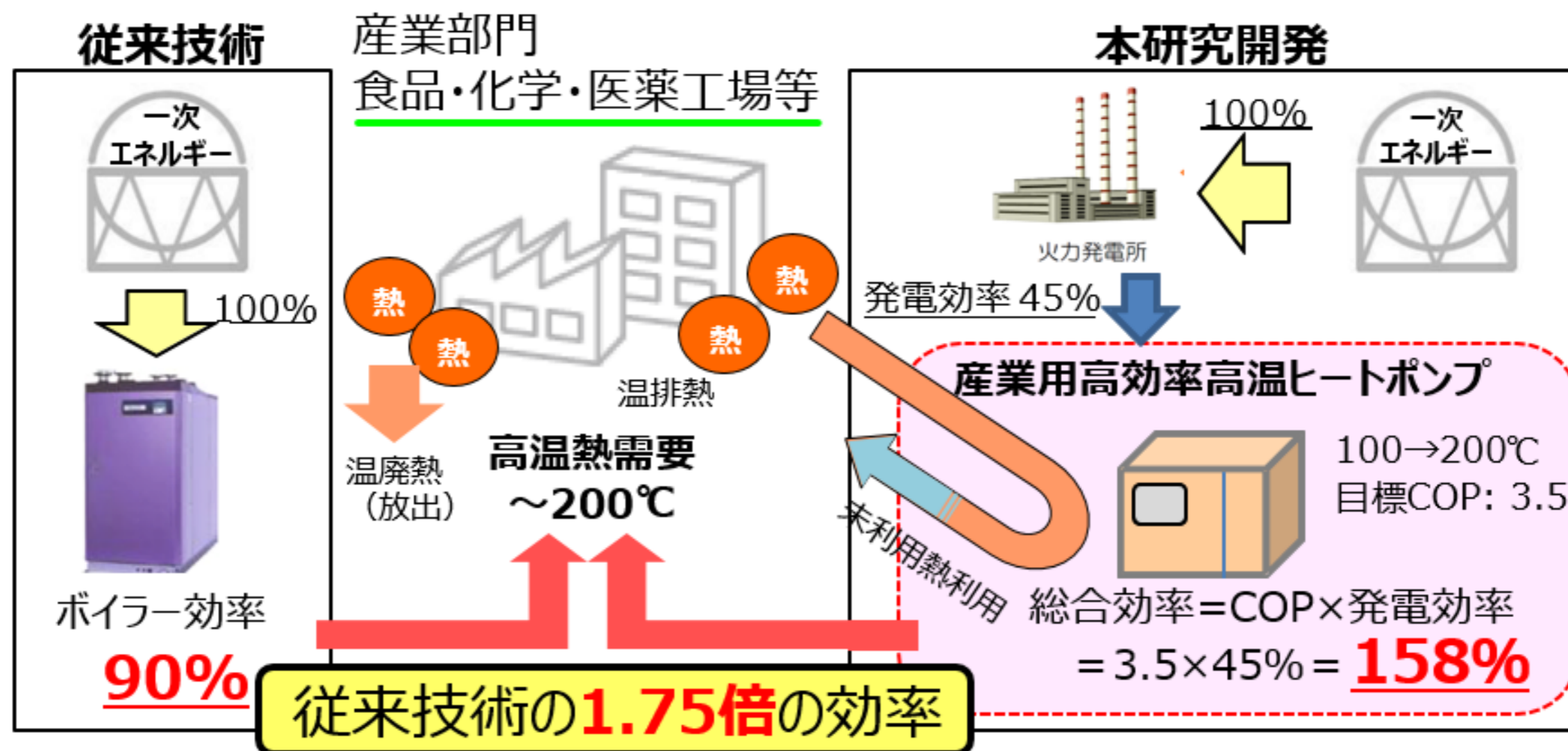




# 最高200℃の熱を供給する 産業用高効率高温ヒートポンプの開発

- NEDO未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発では、工場の生産プロセスで廃棄されている80～100℃程度の未利用熱を回収し、160～200℃程度の高温熱媒をエネルギー消費効率（COP）：3.5以上で供給するヒートポンプシステムの開発を実施。

脱炭素社会の実現の鍵は、産業分野の熱の電化  
化石燃料を多量に用いるボイラ蒸気の電化は高温ヒートポンプで！



# 最高200℃の熱を供給する 産業用高効率高温ヒートポンプの開発 研究開発計画

前川製作所、  
三菱重工サーマルシステムズ、他

システム開発

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES  
THERMAL SYSTEMS

MAYEKAWA  
MYCOM

要素技術開発

冷媒開発

「産業用ヒートポンプ  
導入支援ツール」の  
開発

中間目標

最高供給温度 :160℃  
COP>3.5  
(80℃→160℃)

最終目標

最高供給温度 :200℃  
COP>3.5  
→ボイラ蒸気 (効率90%)  
に比べて、1.75倍以上  
高効率化



潤滑油、その他材料の選択

開発要素の適用

構成機器のマスタープラン作成

ヒートポンプサイクル  
の最適化

熱力学及び輸送特性

for 160℃

工業的生産法の確立

for 200℃

化学的性質、安定性、燃焼性の評価

- ・産業用ヒートポンプシミュレーター
- ・産業用ヒートポンプ導入支援ツール

2013

2017

2022

# 中間成果：温水出口温度160℃超の出力を実現



- 200℃温水出力に対応ができ既に入手可能な冷媒候補で、**要素実証機において出口温度160℃超の温水出力を実現した。**
- 機器要素の計画仕様と試験値がほぼ一致することを確認し、機器要素の設計技術の信頼性を確認した。

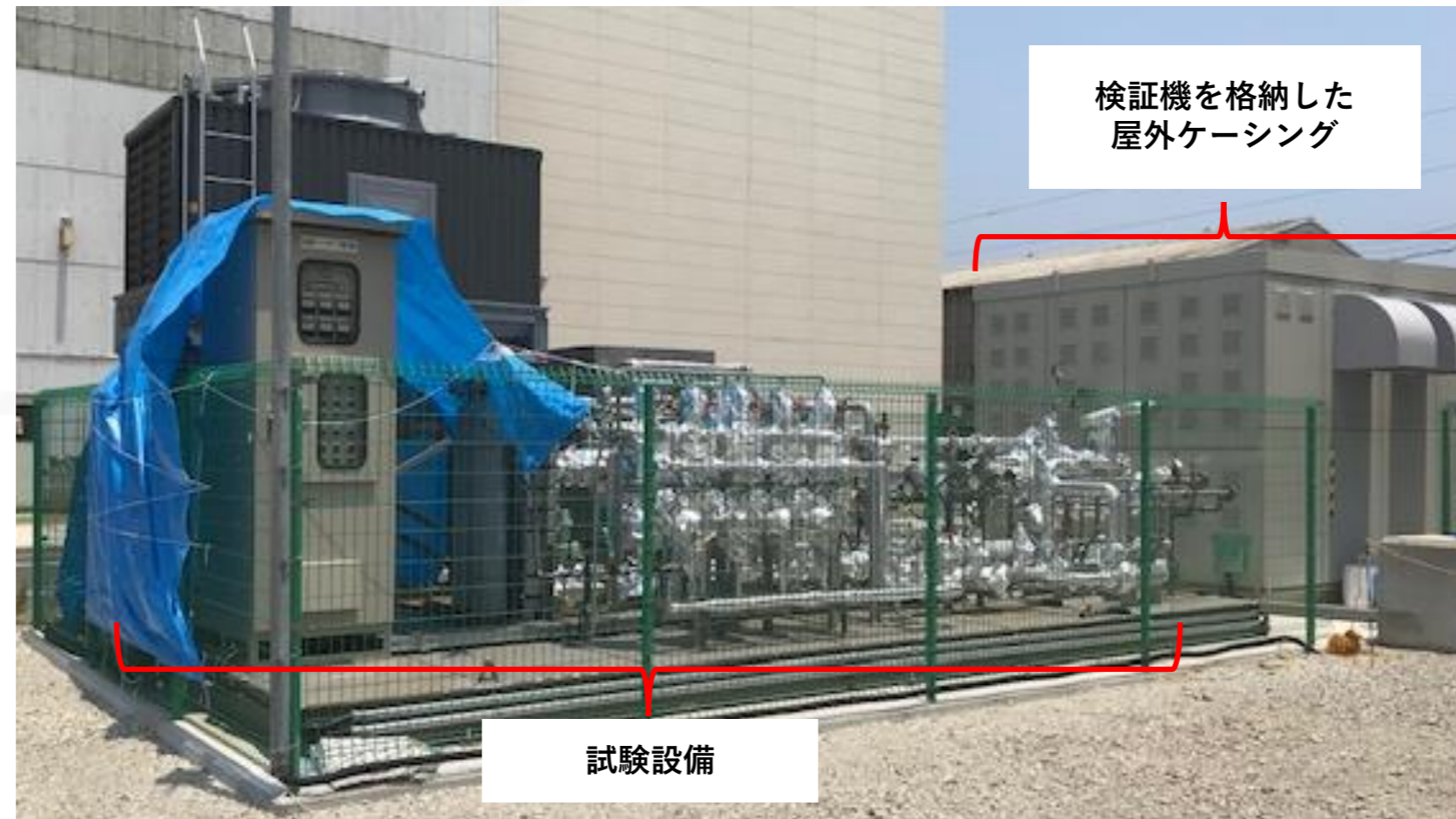


図. 要素実証機外観

# 中間成果：最高温度200℃のヒートポンプ試作機の設計完了



- R600冷媒を使用した最高加熱温度200℃、加熱能力300kW級のヒートポンプの1次試作機[80℃温水熱源、熱媒体オイル加熱]の設計・製作を行い、低段側および高段側圧縮機を用いた連結運転において、定格運転を達成した。
- フロン系低GWP冷媒を使用した最高温度200℃（被加熱媒体80℃→180℃加熱）が供給可能なヒートポンプ試作機の設計を完了した。（2020年度末に製作完了の見込み）



図. R600冷媒を使用した最高加熱温度200℃、加熱能力300kW級のヒートポンプ1次試作機の外観と内部

1. 未利用熱エネルギーの  
革新的活用技術研究開発（概要）

2. 高温ヒートポンプの研究開発

3. 産業用ヒートポンプシミュレーター

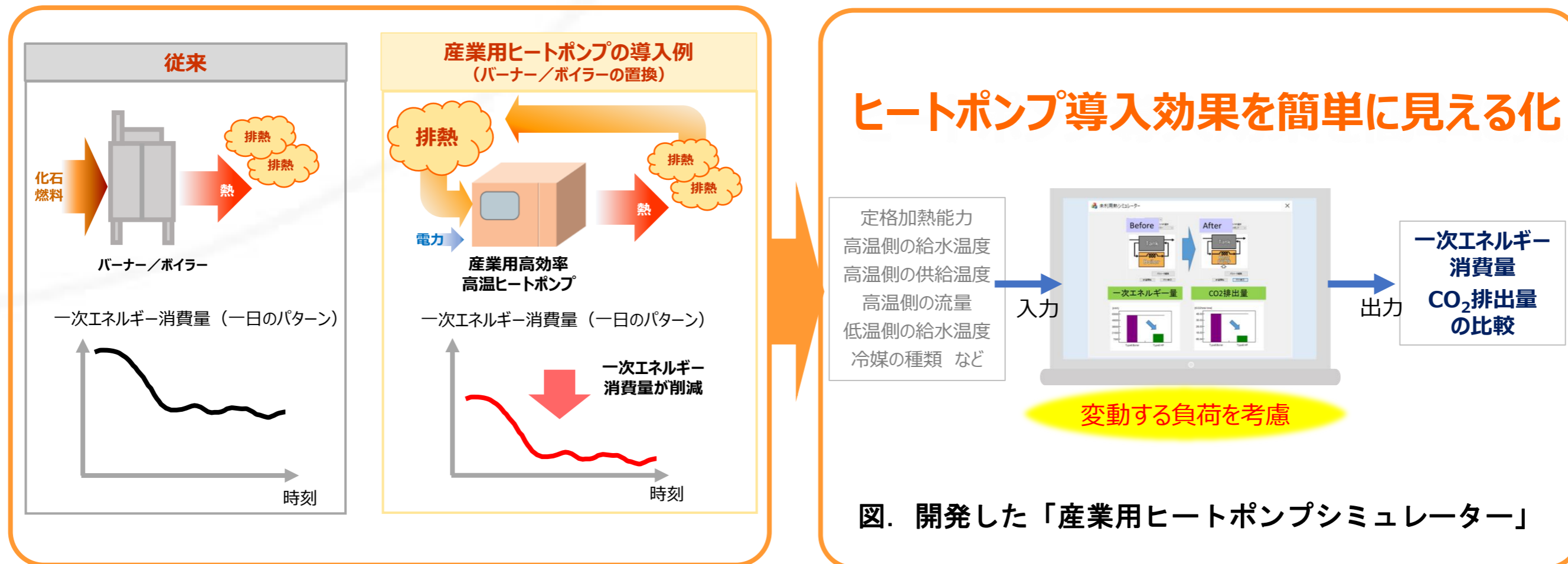


- 産業分野では、生産工程・プロセスによって熱の使い方が様々で、空調や給湯のように**定型化された設計・エンジニアリングが困難**。
- 産業用ヒートポンプの導入検討時には**さまざまなデータを取得する必要**があり、このために**導入検討のための時間とコストが多大にかかっていた**。  
これが**産業用ヒートポンプの導入の大きな障壁**となっていた。

# 産業用ヒートポンプシミュレーターの開発

- NEDO未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発では、**産業用ヒートポンプの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」を開発した。**
- 本シミュレーターは、**簡単な入力と操作で、工場に産業用ヒートポンプを導入した場合の一次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量を短時間で高精度に試算でき、産業用ヒートポンプの導入検討のための時間とコストを大幅に削減できる。**

NEDOニュースリリース [https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_101353.html](https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101353.html)

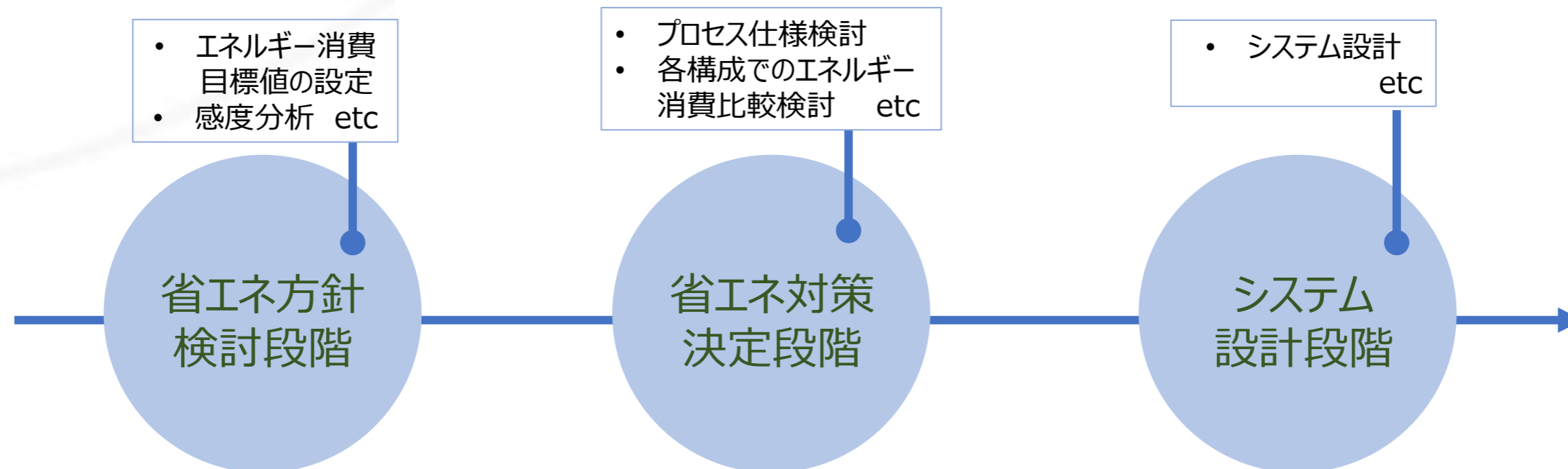


# 産業用ヒートポンプシミュレーターの使われ方

- 省エネ方針検討段階からシステム設計段階まで、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開発。
- 工場に導入予定のヒートポンプについて、①想定する利用方法を選択し、②ヒートポンプの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するだけで、COP・加熱能力・一次エネルギー消費量・CO<sub>2</sub>排出量の見える化を可能とするもので、産業用ヒートポンプの運転条件に合わせた詳細な熱計測を行わなくてもその導入効果を短時間で高精度に試算できる。

※シミュレーターの詳細は次頁以降で説明します。

<シミュレーターの使われ方の想定>





# 計算可能な基本構成パターン

- 想定する利用方法を組み合わせ、8種類の基本構成パターンに対応。
- それぞれのパターンでボイラー・バーナーとヒートポンプの比較が可能。また、地球温暖化係数の低い冷媒を探索するために、冷媒を変更した場合の比較も容易に行える。

## 凡例

- ・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
- ・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
- ・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

基本構成パターン		ボイラー・バーナー	ヒートポンプ	基本構成パターン		ボイラー・バーナー	ヒートポンプ
Type1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非循環加温</li> <li>・置換</li> <li>・冷温同時利用 なし</li> </ul>			Type5	<ul style="list-style-type: none"> <li>・循環加温</li> <li>・置換</li> <li>・冷温同時利用 なし</li> </ul>		
Type2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非循環加温</li> <li>・置換</li> <li>・冷温同時利用 あり</li> </ul>			Type6	<ul style="list-style-type: none"> <li>・循環加温</li> <li>・置換</li> <li>・冷温同時利用 あり</li> </ul>		
Type3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非循環加温</li> <li>・予熱</li> <li>・冷温同時利用 なし</li> </ul>			Type7	<ul style="list-style-type: none"> <li>・循環加温</li> <li>・予熱</li> <li>・冷温同時利用 なし</li> </ul>		
Type4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非循環加温</li> <li>・予熱</li> <li>・冷温同時利用 あり</li> </ul>			Type8	<ul style="list-style-type: none"> <li>・循環加温</li> <li>・予熱</li> <li>・冷温同時利用 あり</li> </ul>		

未利用熱単体シミュレータ

両タイプ選択: タイプ1

左側タイプ選択: タイプ1 | ボイラ/HP選択: ボイラー

右側タイプ選択: タイプ1 | ボイラ/HP選択: 単元圧縮式HP

左側Ph線図

右側Ph線図

冷媒選択: CO2.CSV

計算開始 | 入力パラメータ編集 | グラフ表示 | 結果リスト表示

一次消費エネルギーの比較 [kW]

一次エネルギー消費量の比較

CO2排出量の比較

一次エネルギー消費量の比較

CO2排出量の比較

産業用ヒートポンプ単体シミュレータ (2019, 2020年 早稲田大学齋藤研究室)

**産業用ヒートポンプシミュレーターは、試用準備中です。  
使ってみたい方は、NEDO省エネルギー部へ御連絡ください。**

[thermal-energy@nedo.go.jp](mailto:thermal-energy@nedo.go.jp)

## NEDOのミッション

- エネルギー・地球環境問題の解決
- 産業技術力の強化

## NEDOにおける未利用熱の活用に関する研究開発



**未利用熱**の活用、**省エネルギー**技術のタネを育成・実用化・**社会実装**へ

イノベーションを加速し  
スピーディに成果を社会へ



<http://www.nedo.go.jp/>