



未利用熱

# ファイバーレス断熱材と周辺部材の開発で産業/工業炉の省エネルギー化を目指します

プロジェクト実施者：未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合  
(美濃窯業(株)、(国研)産業技術総合研究所)

T-01

## 研究開発の概要

操業中の産業/工業炉において炉外への放熱量や炉材への蓄熱量を削減する「ファイバーレス断熱材」、高温排気ガスから熱エネルギーを回収する「耐高温高効率熱交換器」、新規蓄熱体を用いた「耐高温高効率バーナー」を開発し、産業/工業炉の省エネルギー化を目指します。これらの要素技術開発成果と産業/工業炉の設計・製造技術ノウハウを組み合わせ、省エネルギー実証評価まで行う熱エネルギーマネジメントシステムの構築が目標です。

## 成果

### 【ファイバーレス断熱材】

- ・ゲル化凍結法を用いることで2017年度に最高使用温度1,500℃、圧縮強度15MPa以上、熱伝導率0.2W/m・Kを有するファイバーレス断熱材を開発しました。
- ・ゲル化凍結法における凍結乾燥工程でIRヒーターによる加熱を活用し、従来比で乾燥時間40%短縮を実現しました。

### 【耐高温高効率バーナー】

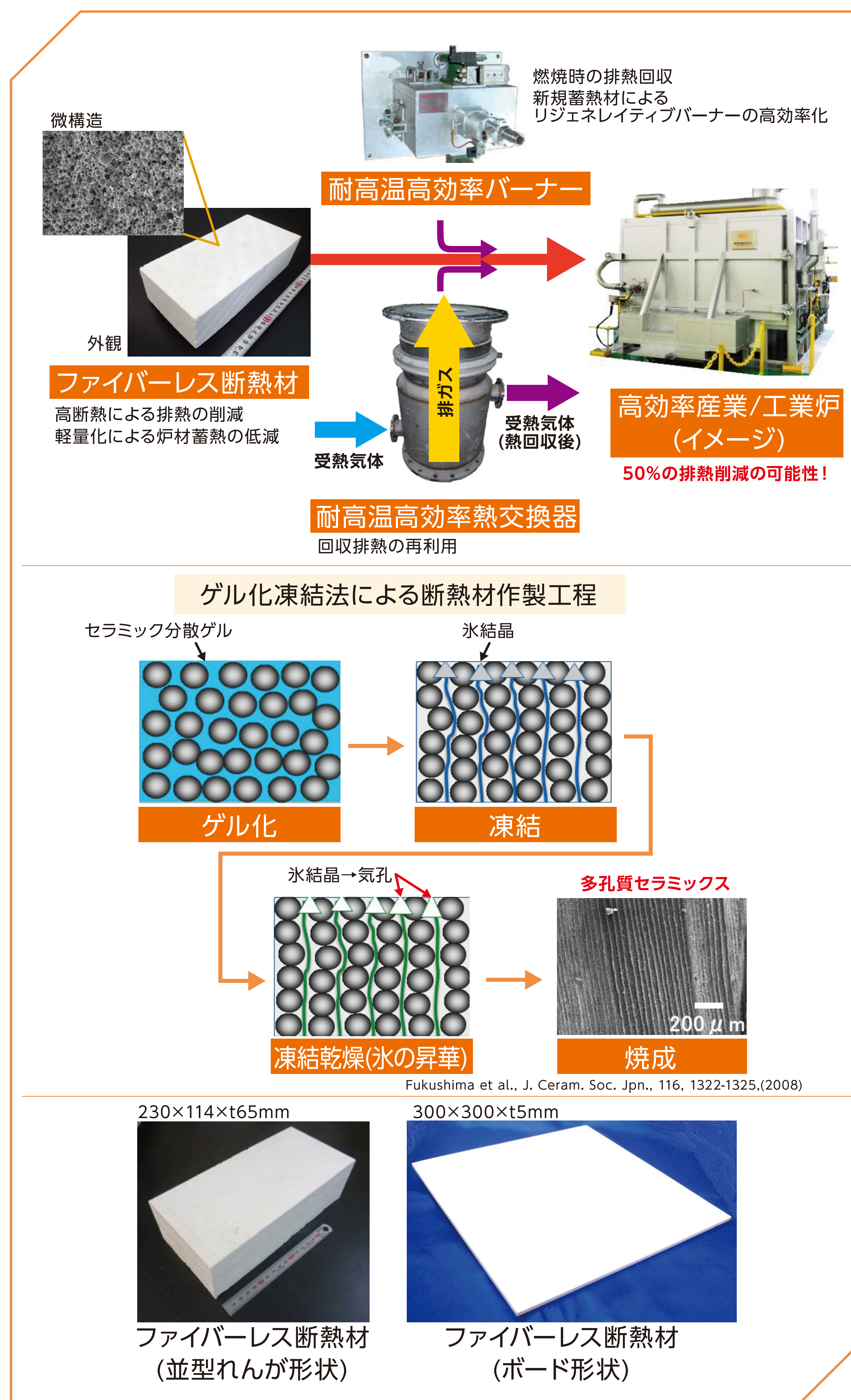
- ・バーナーに組み込まれる蓄熱体を新規に開発し、既存の蓄熱材料の2倍の入熱放熱速度を達成し、バーナーの高効率化を実現しました。

### 【耐高温高効率熱交換器】

- ・1,300℃対応品を2015年より販売開始しました。
- ・1,500℃の耐久試験においても従来品の約3倍となる熱交換効率20%以上を達成しました。

## 今後の展望

ターゲットとしている窯業・土石分野だけでなく、より大きな排熱量を占める鉄鋼分野(国内総排熱量の約8%)へ応用展開することで、さらなる排熱削減効果が期待されます。開発中の断熱材について様々な用途の工業炉で実証テストを進めており、実用化に向けたデータ収集を進めています。また、各要素技術を組み合わせた工業炉の排熱削減50%の実証試験も進めています。



プロジェクト実施期間：2013～2022年度

NEDO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／高強度高断熱性多孔質セラミックスを用いた省エネルギー炉の研究開発



未利用熱

# 最高200℃加熱を実現する産業用高効率高温ヒートポンプの開発

プロジェクト実施者:未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合(株)前川製作所

T-02

## 研究開発の概要

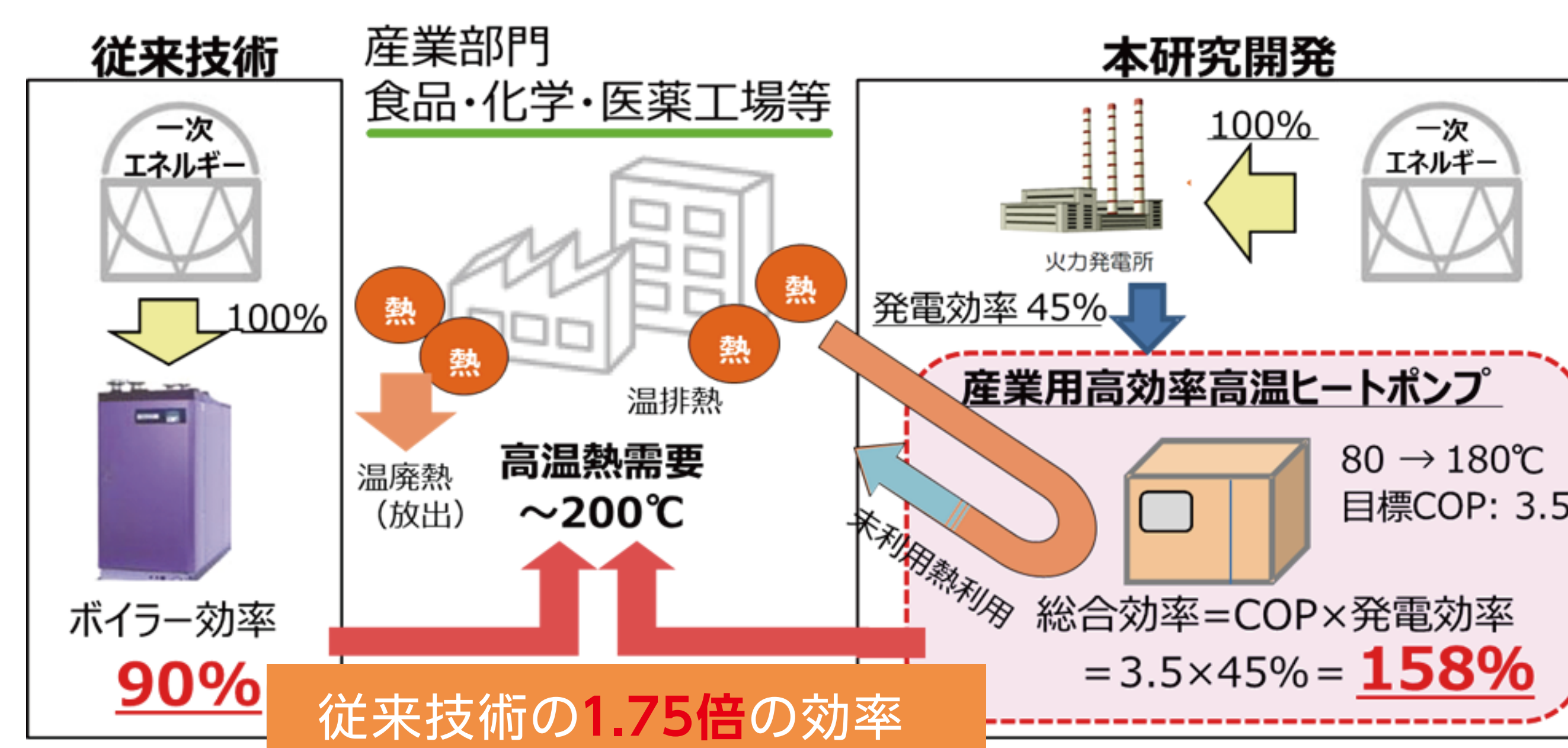
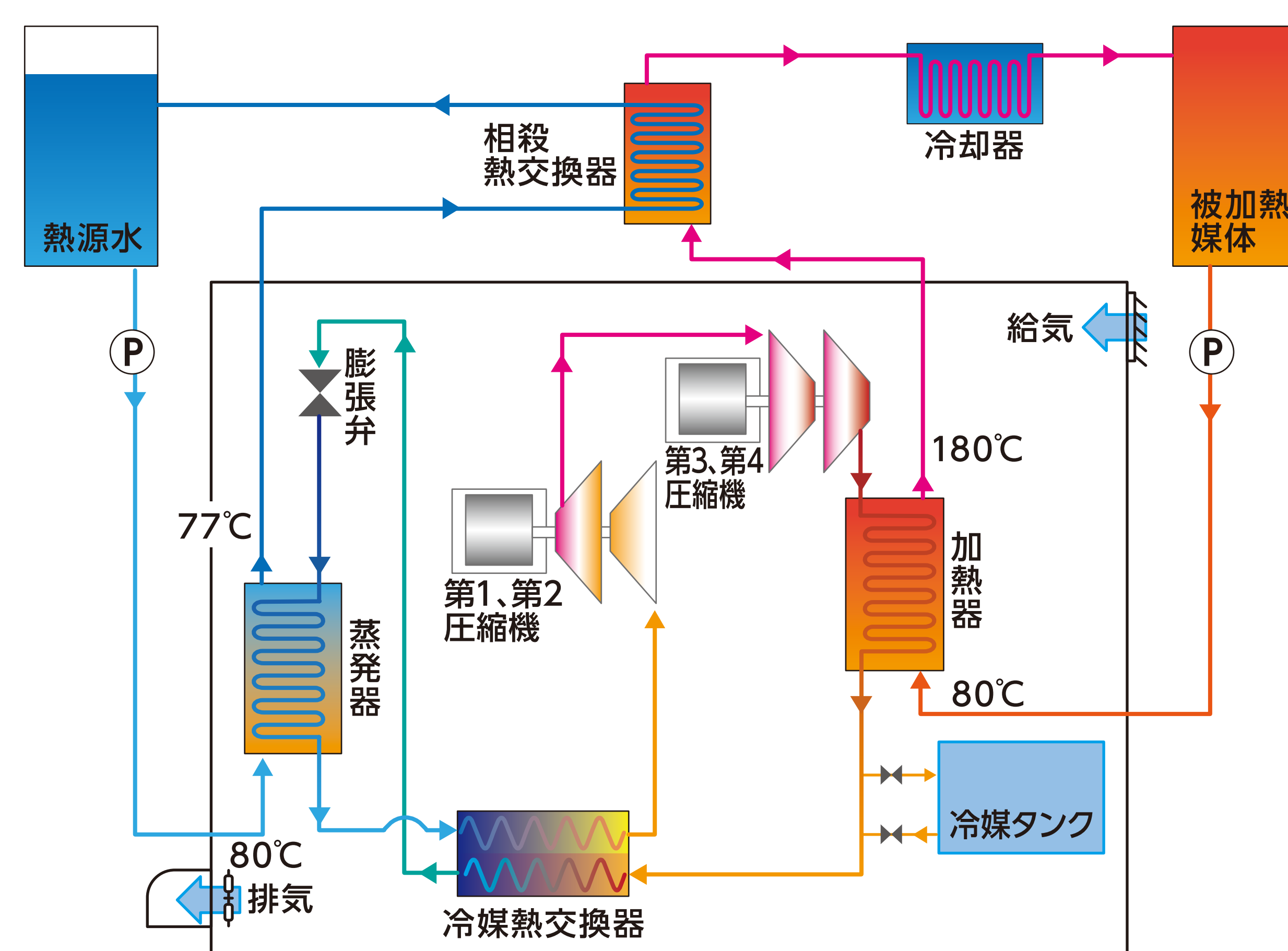
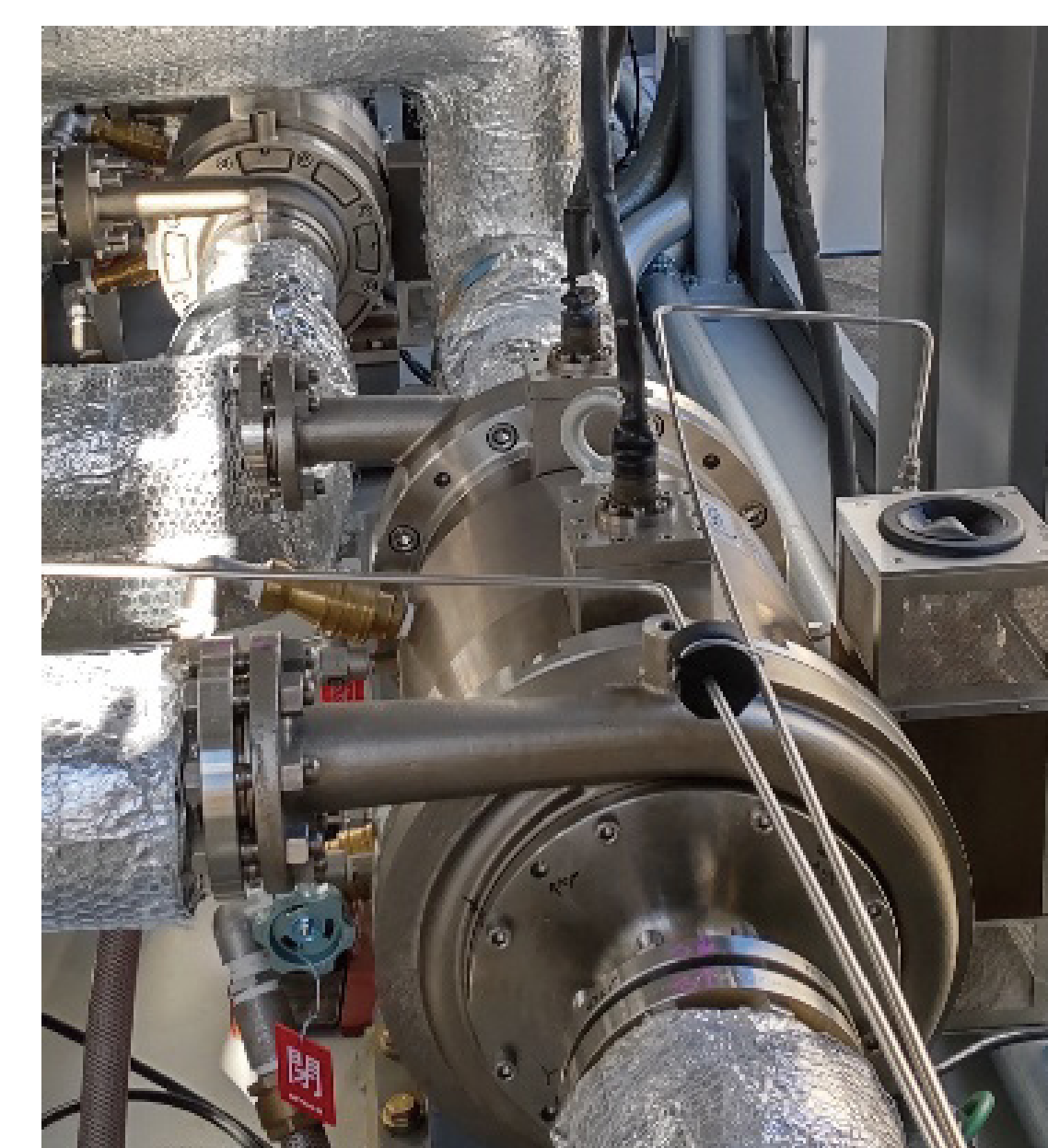
従来、蒸気ボイラを使用していた工場のプロセス加熱を開発目標COP3.5を満足する産業用高効率ヒートポンプに代替することで1.75倍の熱効率で加熱可能なシステムとなり、ボイラに代わりプロセス加熱に利用することで、工場の省エネルギー化、地球温暖化防止に貢献します。

## 成果

- HFO系冷媒専用オイルフリーターボ圧縮機の設計・製作・単体性能確認試験を実施しました。
- HFO系冷媒80℃→180℃加熱用ヒートポンプ試作機の設計・製作・運転試験を行いました。
- これら試験結果と解析結果より、被加熱媒体入出口温度80℃→180℃加熱で最終目標(COP3.5)が達成できる見通しが得られました。

## 今後の展望

最終目標に向けて更なる研究開発を行い、2020年代前半には従来技術に対して競争力のある高温ヒートポンプの市場導入、事業化を進めていきます。海外市場は市場規模等の具体的な調査は出来ていませんが、欧州、ASEAN、東アジア等で国内の数十倍の市場規模があると思われます。国内のみならず海外からの需要も高く、日本の優勢を示せる製品になると考えています。導入に向けた課題は、実際の熱利用設備にヒートポンプを適用した際の効果が見えにくいことにあります。その解決策のひとつとして、実際の熱利用設備を想定したモデルケースの検討を進めていきます。『導入効果の見える化』を進めていくことにより、導入後のイメージをお客様と共有することが可能となりますので、導入の加速に繋がると考えています。





未利用熱

# 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の開発

プロジェクト実施者: 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合

((一財)金属系材料研究開発センター、(株)前川製作所)・早稲田大学(共同実施)

T-03

## 研究開発の概要

- 15業種の工場設備の排熱実態調査の結果、未利用の743PJ/yの排ガスが、2711PJ/yの排温水が排出されていると推定され、これらを熱源として、産業用ヒートポンプを蒸気ボイラーやバーナー等の代替として導入することにより、大幅なエネルギーコストやCO<sub>2</sub>排出の削減が見込めます。
- 工場に導入予定のヒートポンプについて、①利用パターンを選択し、②定格加熱能力・給水温度・流量・冷媒等を入力することで、1次エネルギー消費量・CO<sub>2</sub>排出量等の導入効果を、詳細な熱計測を行わなくても短時間で高精度に試算できるようにします(図1)。
- ヒートポンプシステムの導入パターンを「加温方式」(循環、非循環)、「ヒートポンプの導入用途」(予熱、置換)、「冷温同時取り出し」(有、無)これら3つの組合せの基本8パターンより選択し、ボイラー・バーナータイプ(従来)と比較します(図2)。

適用検討対象工程(例): 機械器具製造業・塗装乾燥・塗装焼付け・洗浄工程/化学工業・繊維工業・乾燥・濃縮・蒸留・熱架橋・煮絨工程/食品・飲料製造業・加熱・乾燥・洗浄工程/ゴム製品製造業・混合・加硫工程、など

## 成果

- 簡単な入力と操作で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単体シミュレーター」を開発し(図3)、Webよりダウンロードできるようにしました(図4)。
- さらに、単体シミュレーターで構築したパターンやロジックを基に、ヒートポンプやボイラー、補機等のモジュールをGUI上で接続してフロー図を作成しシステムの性能評価計算を行う「産業用エネルギー統合シミュレーター」の開発を行いました(図5)。

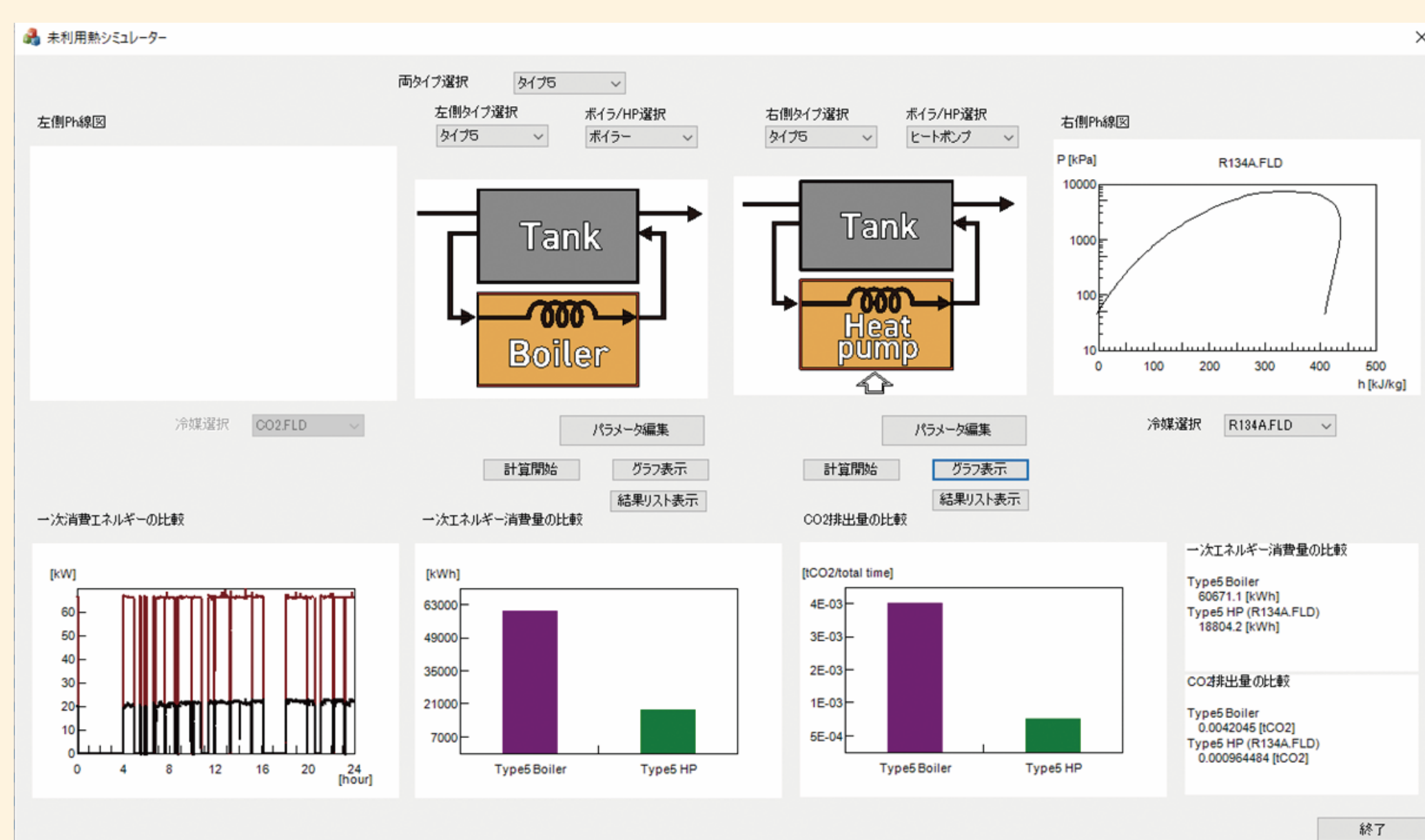


図3. 産業用ヒートポンプ単体シミュレーターのユーザーインターフェース画面の例

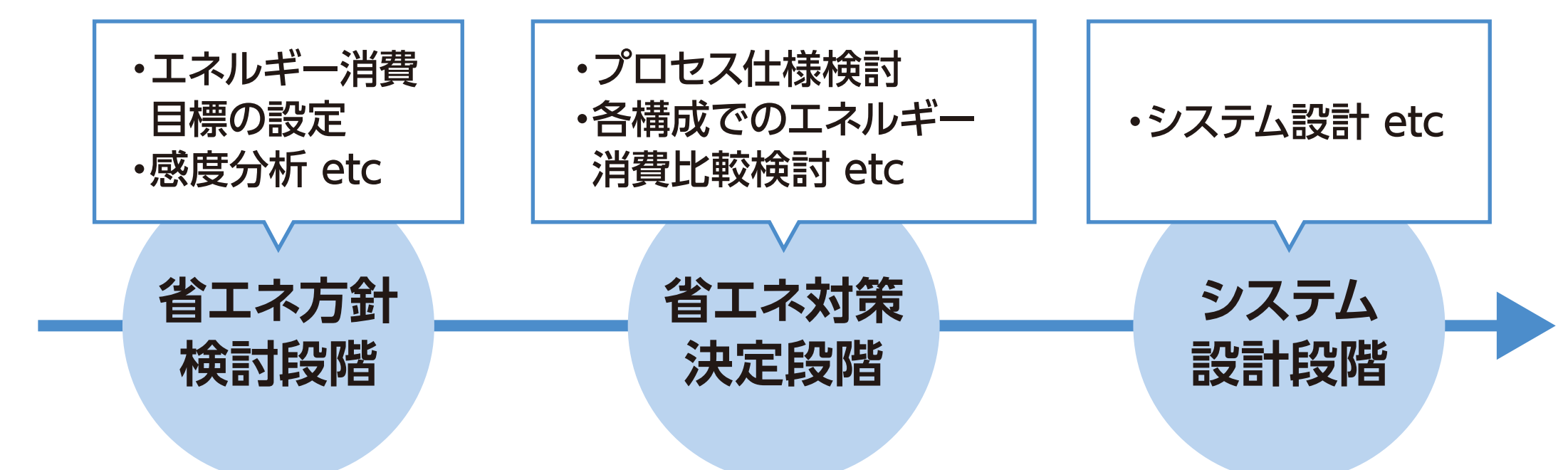


図1. シミュレーターの使われ方の想定

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 ・非循環加温 ・置換 ・冷温同時利用 なし			Type5 ・循環加温 ・置換 ・冷温同時利用 なし		
Type2 ・非循環加温 ・置換 ・冷温同時利用 あり			Type6 ・循環加温 ・置換 ・冷温同時利用 あり		
Type3 ・非循環加温 ・予熱 ・冷温同時利用 なし			Type7 ・循環加温 ・予熱 ・冷温同時利用 なし		
Type4 ・非循環加温 ・予熱 ・冷温同時利用 あり			Type8 ・循環加温 ・予熱 ・冷温同時利用 あり		

図2. 計算可能な基本構成パターン

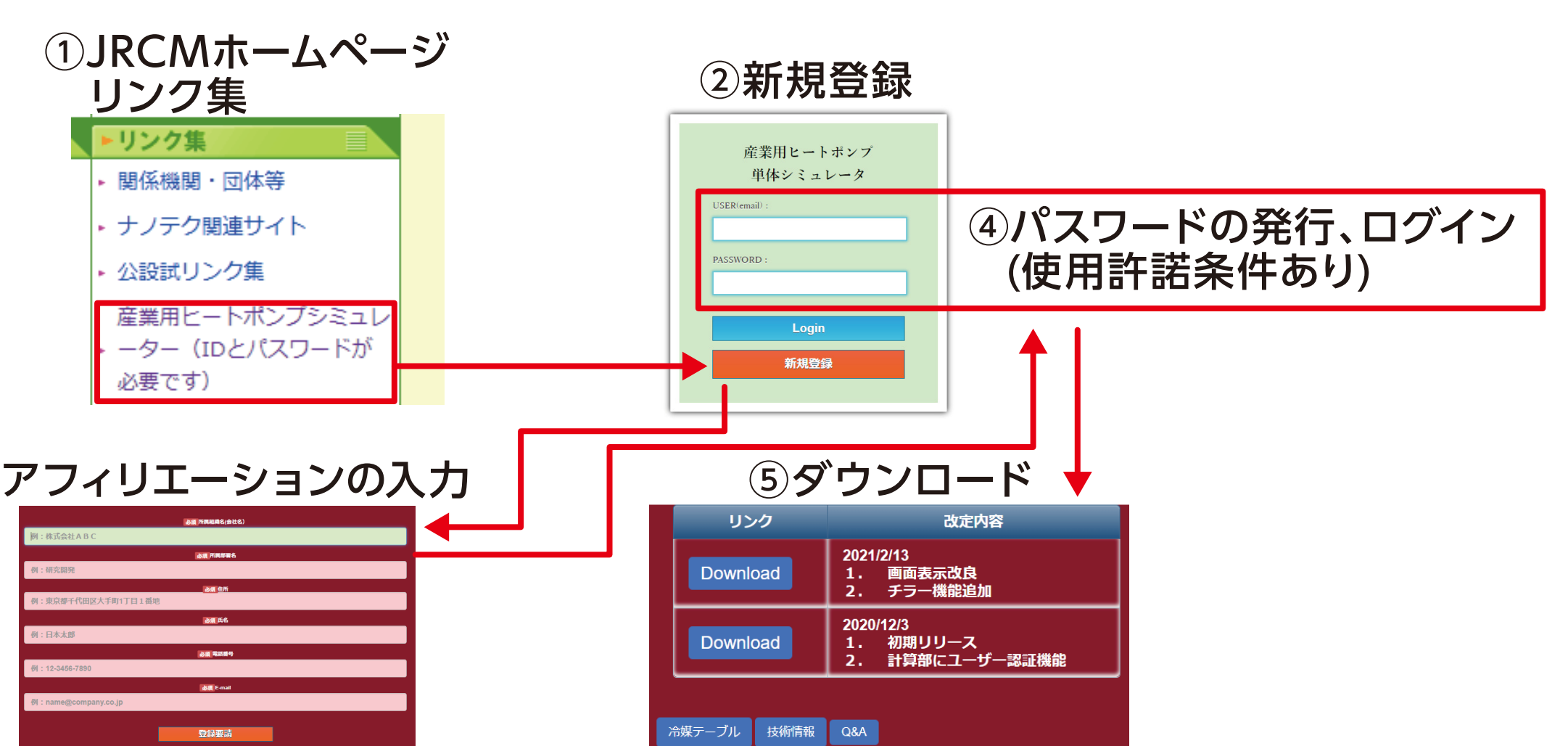


図4. 産業用ヒートポンプ単体シミュレーターのダウンロードの要領

## 今後の展望

具体的な事例における産業用ヒートポンプの導入効果について本シミュレーターを用いて示すとともに、ポンプ・タンク・弁などの生産プロセス全体の設計やエンジニアリングを可能とする「産業用エネルギー統合シミュレーター」を高度化してゆきます。また、これらシミュレーターの一般公開と標準化を進めます。

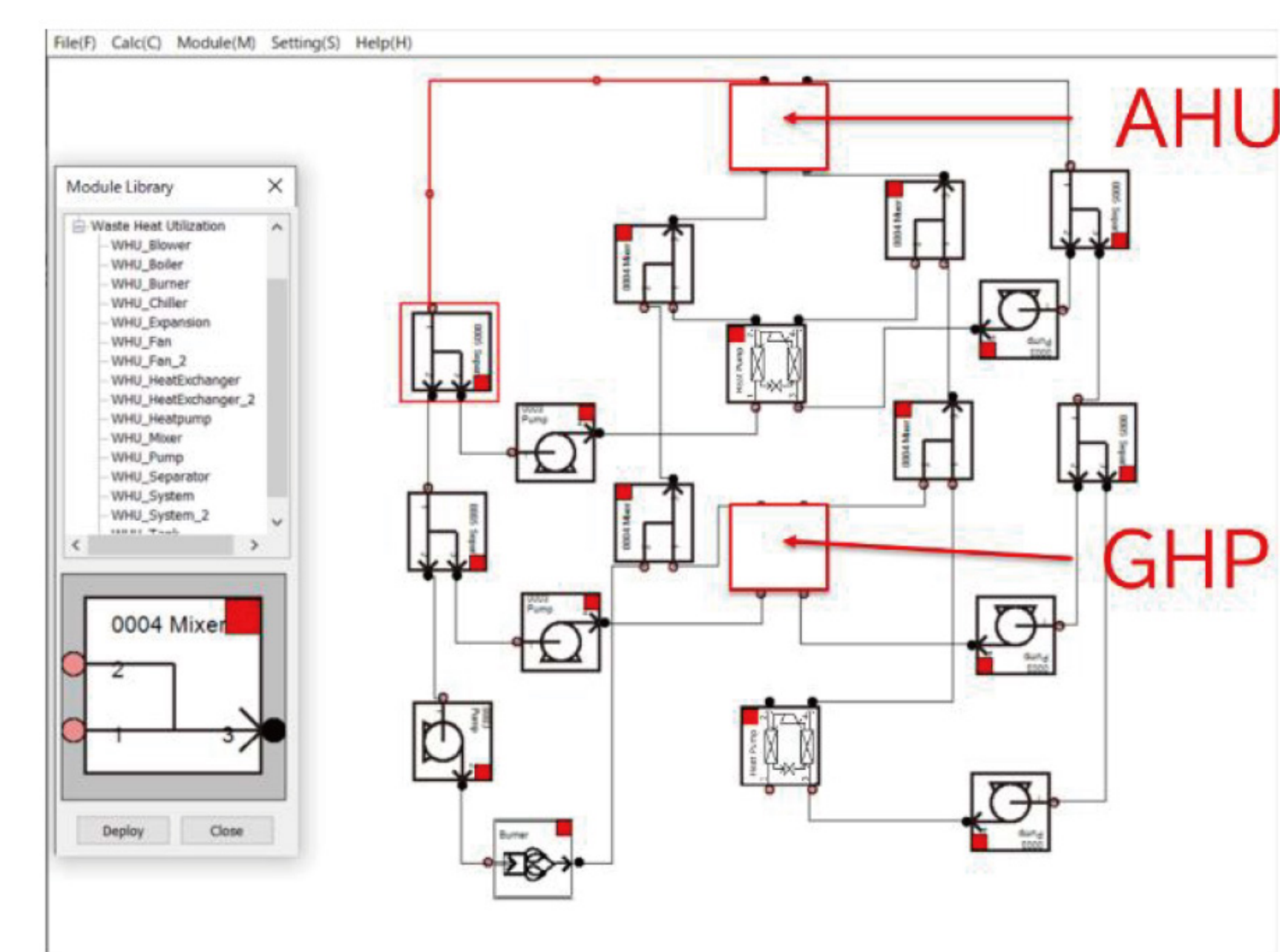


図5. 産業用エネルギー統合シミュレーターのシステムフロー図のGUIの例

プロジェクト実施期間: 2013~2022年度

NEDO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 / 熱関連・基盤技術の開発 / 産業分野の排熱実態調査、ヒートポンプ技術等の統合解析シミュレーション技術の構築



未 利 用 熱

# ガスコジェネレーション装置の システム効率向上を可能にする熱電変換技術

プロジェクト実施者: 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合(ひたち分室)  
(株)日立製作所 基礎研究センター

T-04

## 研究開発の概要

普及が期待されるガスコジェネレーション装置において、広い温度域の排熱を熱電変換技術を用いて電気変換することにより、システム効率を向上する検討を行っています。

- ①低温熱電変換モジュールの開発: 100°C未満の低温排温水から電気変換可能な熱電変換モジュールの設計・試作を行いました。
- ②中高温熱電変換モジュールの開発: 500°Cの排熱から電気変換可能な無毒かつ安価なシリコンを使った高性能熱電変換材料を開発し、それを素子として組み込んだ熱電変換モジュールの設計・試作を行いました。

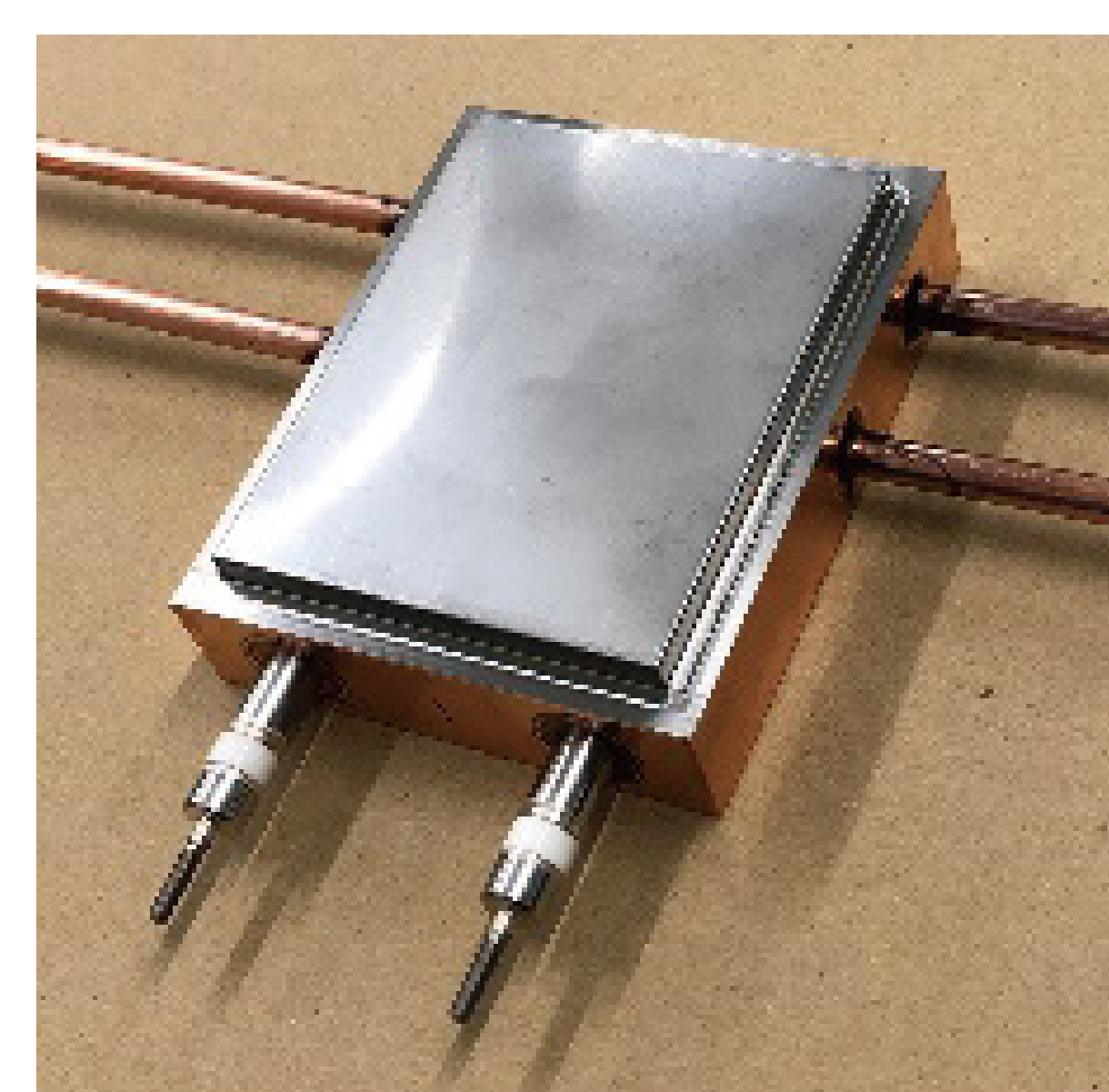
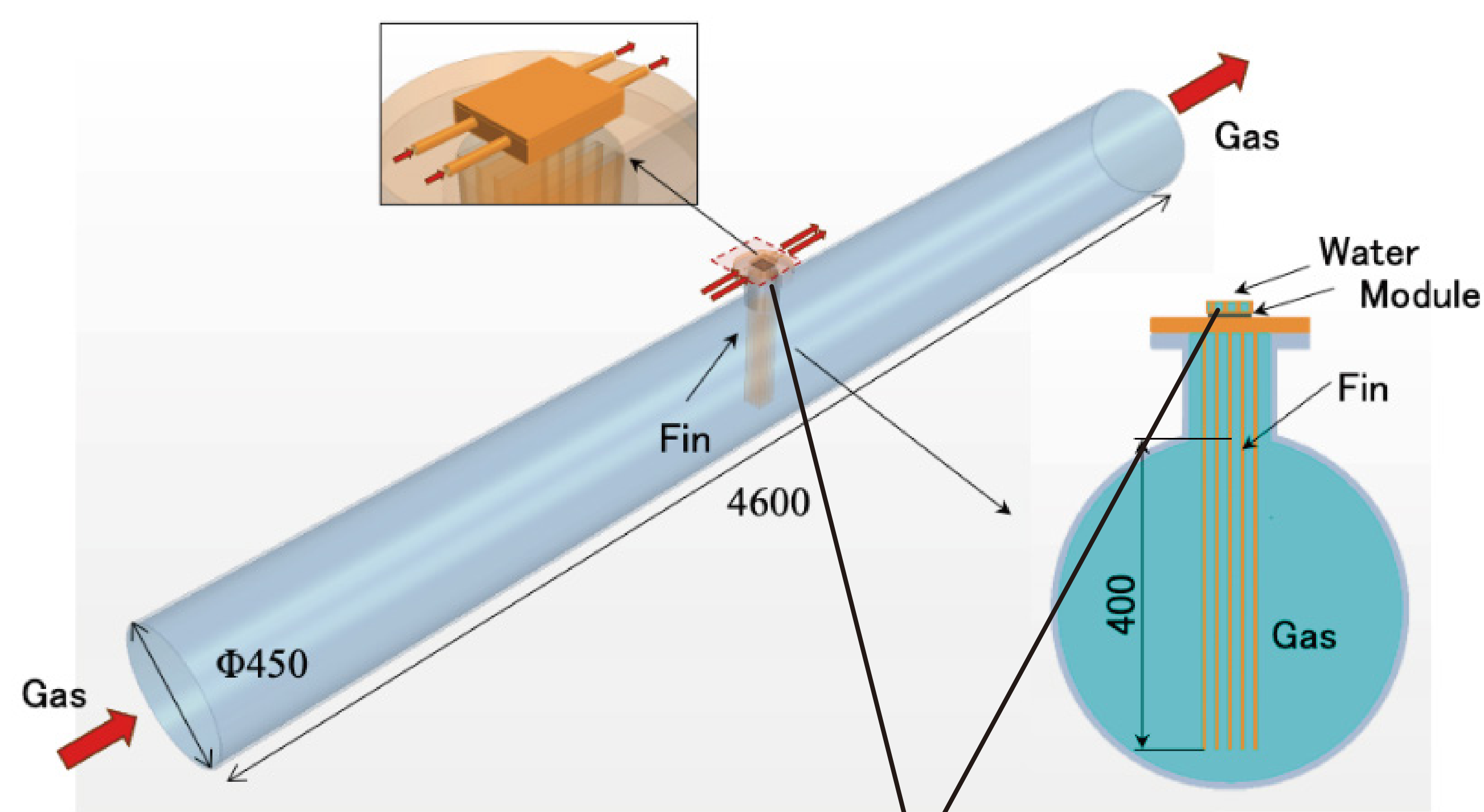
## 成 果

- ①低温熱電変換モジュールによるIoT機器の駆動検討
  - 65°Cの低温排温水から生じる排熱を利用し、太陽光発電の電力(0.3kW/m<sup>2</sup>)以上を発電できることを確認しました。これにより、IoT機器に使われるセンサ・通信端末の自律電源への適用が可能になります。
- ②中高温熱電変換モジュールによる電力供給の検討
  - 高性能かつ環境低負荷なマンガン・シリコン化合物(Mn-Si)熱電変換材料を用いたモジュールを開発し、ガスコジェネレーションシステムへ組み込んだ際に熱電変換モジュールの出力密度は最大で5kW/m<sup>2</sup>が得られる見込みであることがわかりました。

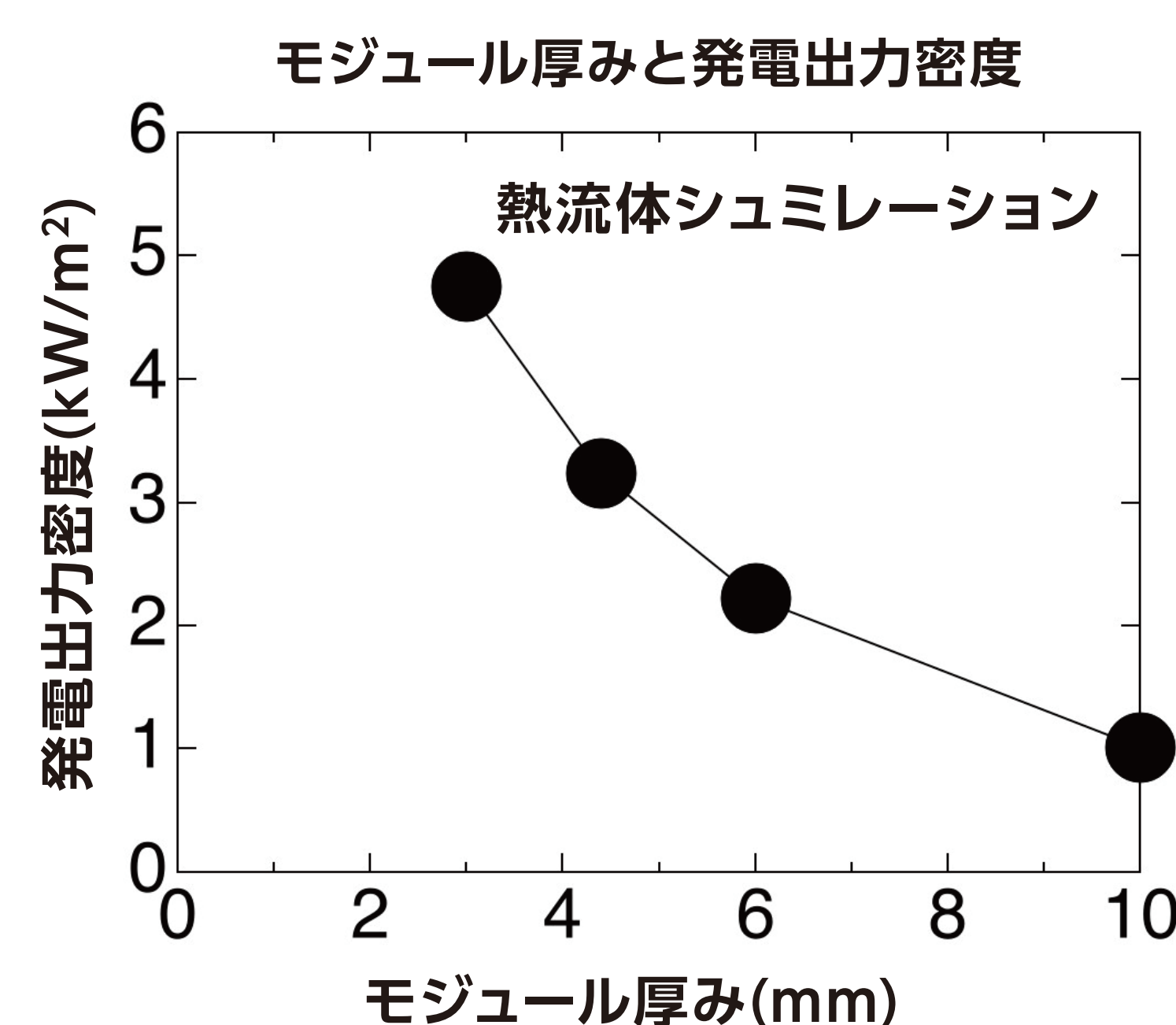
## 今後の展望

事業終了後も継続して自社開発を進め、2025年頃を目指して今回開発した排熱発電技術を組み込んだガスコジェネレーションシステムの実装を進めます。今回開発した技術は広い温度域に適用可能であり、モビリティ分野への応用も可能です。また、エネルギー分野だけでなくIoT技術への活用も期待されており、更なる省エネに向けた展開と技術開発を検討します。

1MW級コジェネ装置の中高温ガス排熱回収システム設置イメージ図



作製した中高温熱電変換モジュール



プロジェクト実施期間: 2013~2021年度

NEDO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 / 熱電変換による排熱活用の研究開発