

2024年度NEDO再生可能エネルギー一部成果報告会 プログラムNo.12

再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発／
太陽熱等利用システムの高度化技術開発／
天空熱源ヒートポンプ(SSHP)システムのライフサイクルに亘
るコスト低減・性能向上技術の開発

発表日：2024年12月18日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 塩谷 正樹

団体名 鹿島建設(株)、ゼネラル・ヒートポンプ工業(株)

(委託先：(株)日建設計総合研究所、(国)東京大学、(国)名古屋大学)

問い合わせ先 鹿島建設株式会社 E-mail:shioyam@kajima.com TEL:090-7716-8678

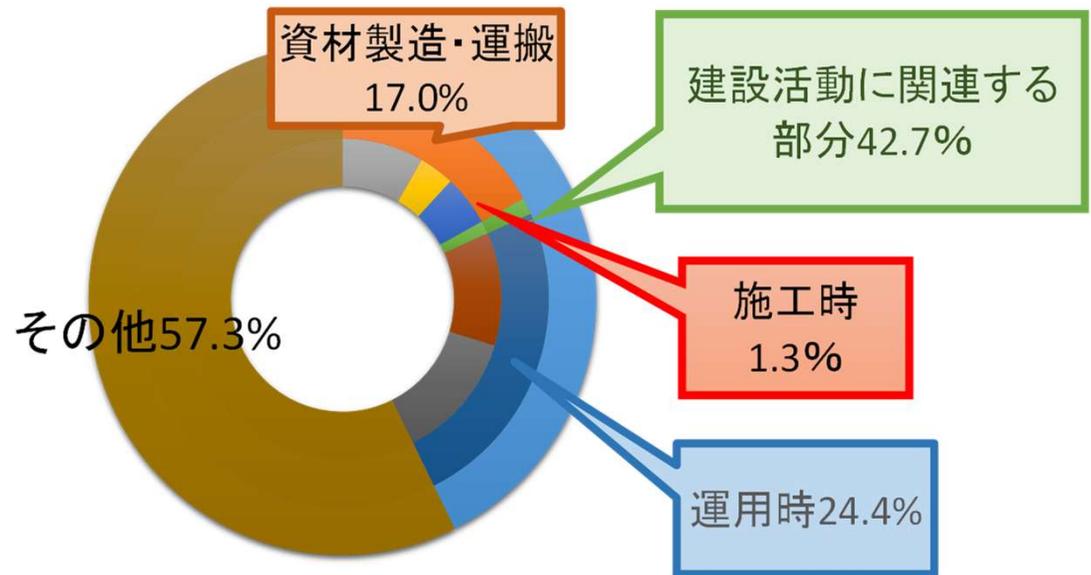
事業概要

1. 背景・目的

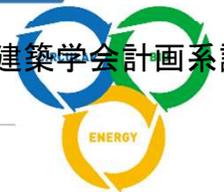
- 脱炭素技術の切札として期待される再生可能エネルギーは、現状、太陽光・風力発電など電気利用が主体である。一方、太陽熱や地中熱などの熱利用はその大きな賦存量にも拘わらず、設備導入に係る初期コストが大きいために普及が進んでいない。
- このため再生可能熱エネルギー利用システムの適切な設計手法の確立、量産化により性能を向上させつつ、低コスト化が必要となる。

各国の温室効果ガス削減目標

| 国名 | 削減目標 | |
|------|--|---------|
| 中国 | GDP当たりのCO ₂ 排出を 2030年までに 60-65% 削減 ※2030年前後に、CO ₂ 排出量のピーク | 2005年比 |
| EU | 2030年までに 40% 削減 | 1990年比 |
| インド | GDP当たりのCO ₂ 排出を 2030年までに 33-35% 削減 | 2005年比 |
| 日本 | 2030年度までに 26% 削減 ※2005年度比では25.4%削減 | 2013年度比 |
| ロシア | 2030年までに 70-75% に抑制 | 1990年比 |
| アメリカ | 2025年までに 26-28% 削減 | 2005年比 |



出典:「産業連関表を利用した建設業の環境負荷推定」日本建築学会計画系論文
文集第549号 漆崎昇、酒井寛二 2001年11月



2. 期間 開始：2019年7月 終了：2024年3月

3. 最終目標

本事業の最終目標である「投資回収年数を2023年までに14年以下、2030年までに8年以下」を達成するため、地中熱、太陽熱などの多角的な再生可能エネルギーを集放熱源とするヒートポンプを用いて、冷暖房や給湯などの多目的な熱需要に対応する、低コスト、高効率な要素機器及びシステム技術の開発を行う。

①再エネ熱利用システム設計手法の開発（鹿島、日建総研）

- ・ LCEMベースの設計用シミュレーションツールのプロトタイプを完成し、実建物を対象に「天空熱源ヒートポンプ（Sky Source Heat Pump、以下 SSHP）」の導入効果を検討。

②低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発（鹿島、ゼネラルヒートポンプ工業）

- ・ 小型実証機による熱源水加熱性能を評価。加熱時の定格COP目標値を達成。

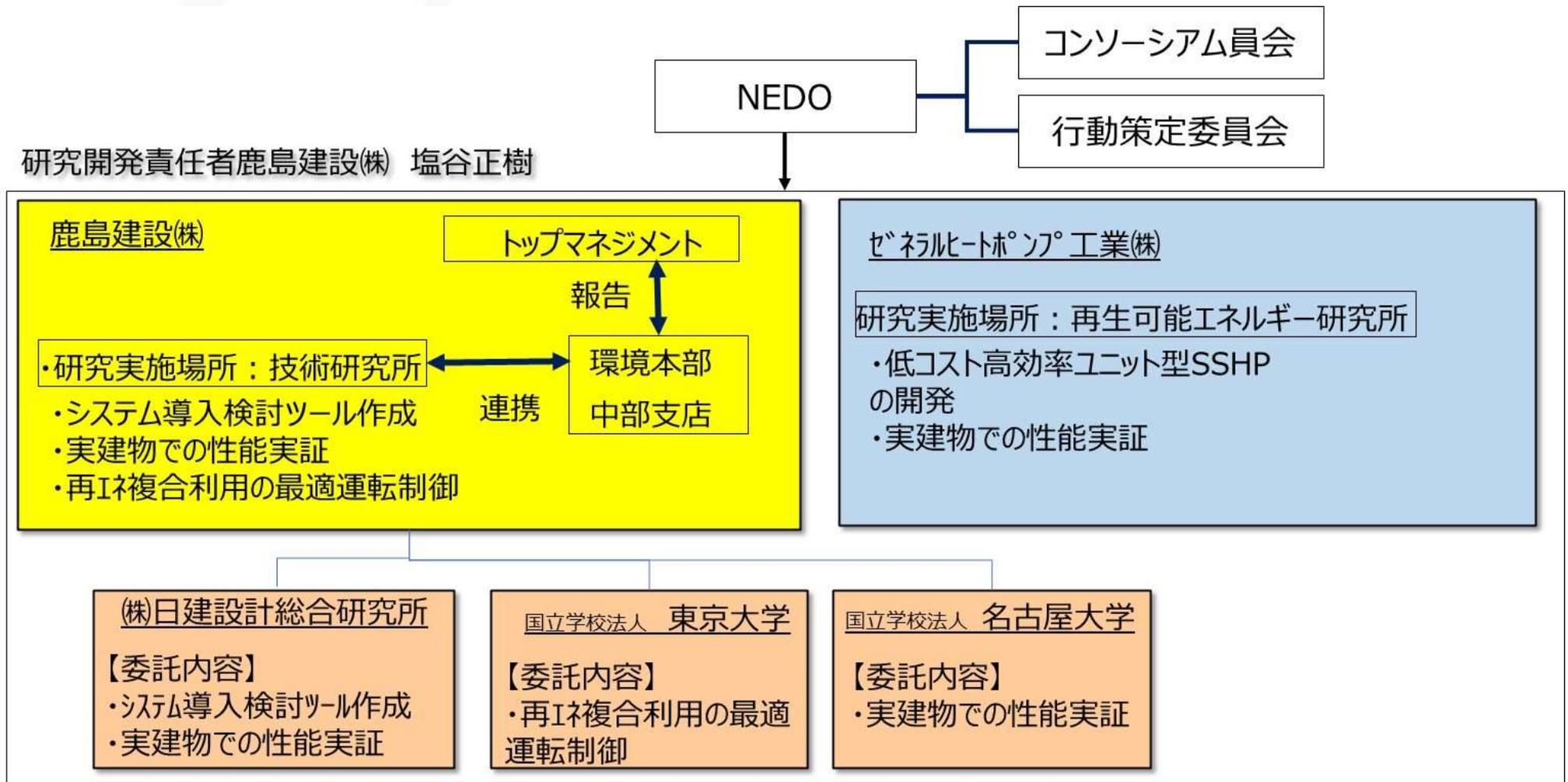
③実建物における運転性能の実態検証（鹿島、名古屋大学、日建総研）

- ・ 1年間に亘る運転実績に基づき、SSHPの導入効果の算定を行った結果、汎用の電動ヒートポンプパッケージと比較し、システムCOPは41.5%向上し、1次エネルギー消費量は約29%削減される結果となった。

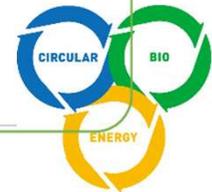
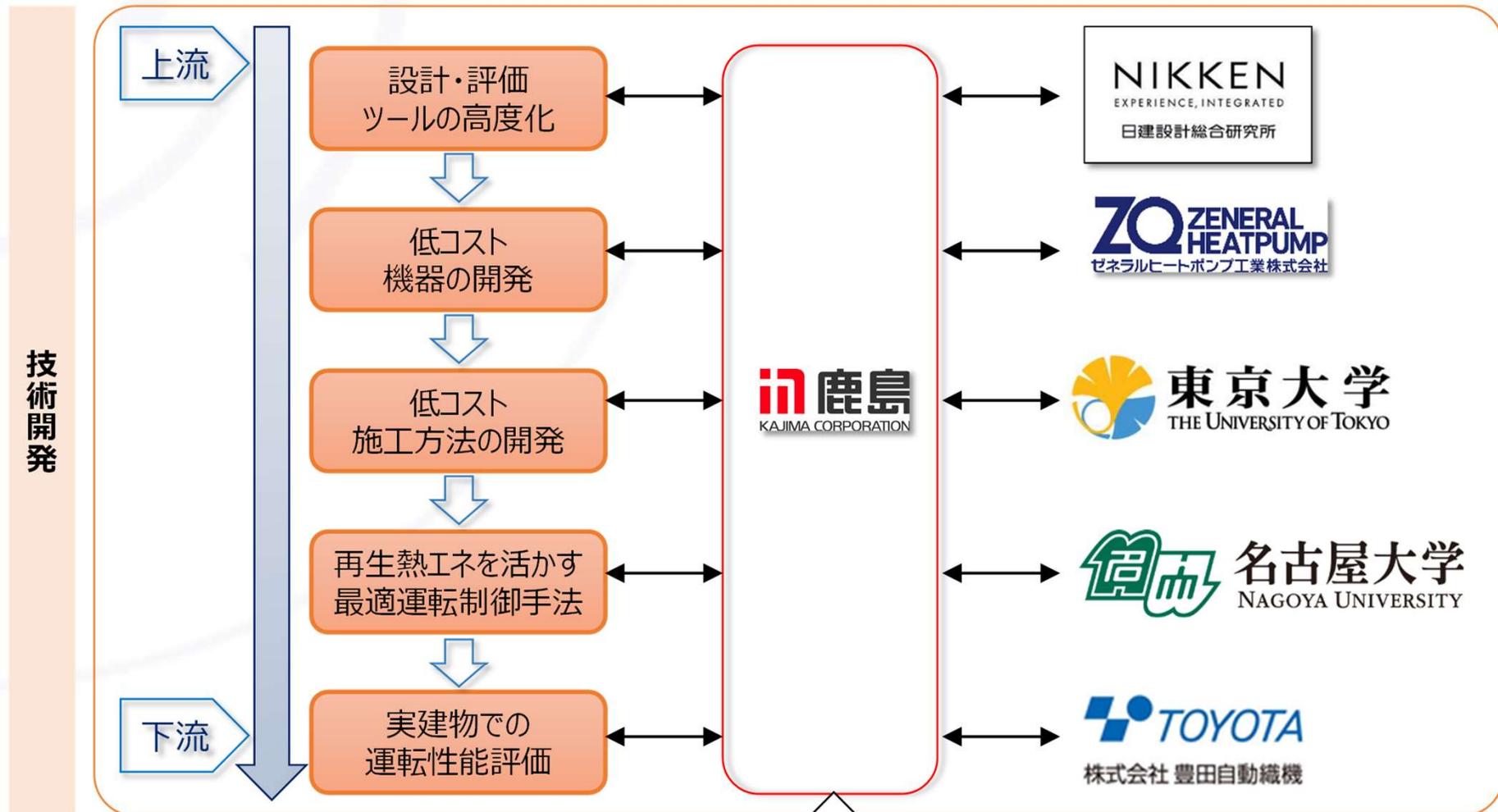
④再エネ熱利用システムの最適運転制御技術

- ・ 最適制御アルゴリズム完成。シミュレーションで実験結果を高い精度で再現。

実施体制



実施体制



研究開発スケジュール

→ 当初計画 → 実施済

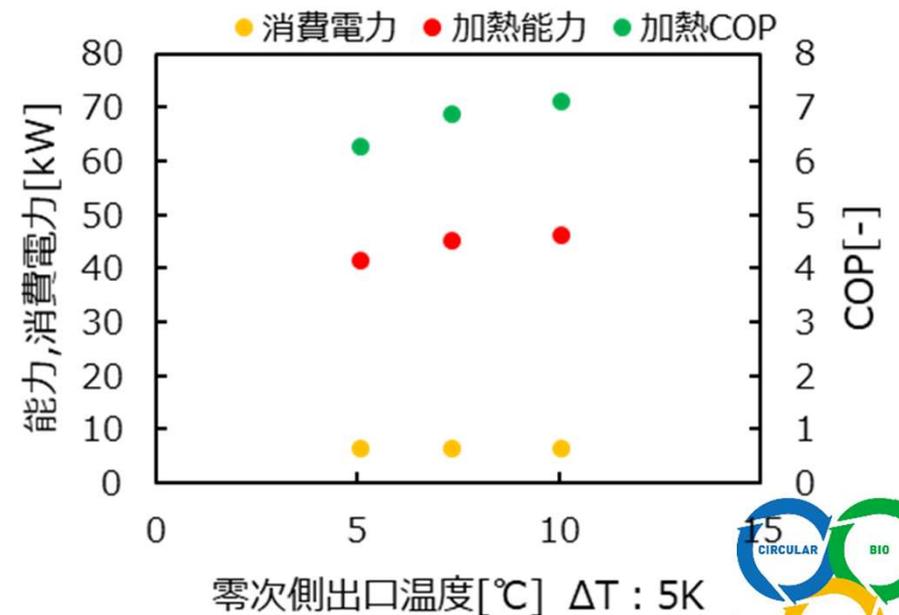
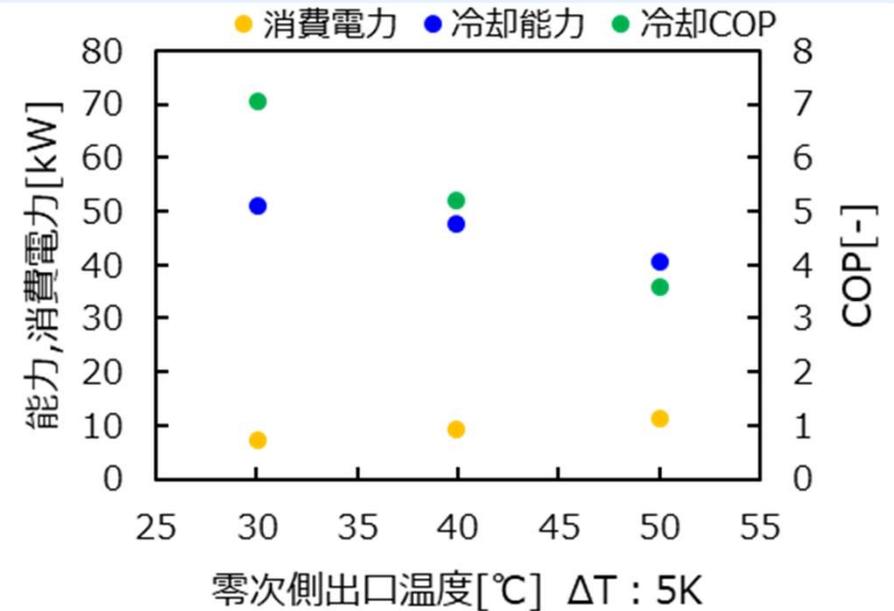
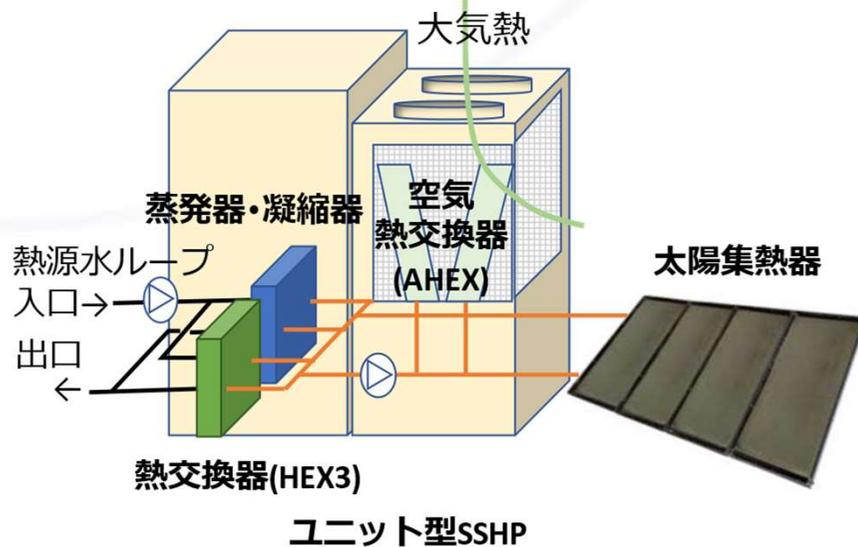
| 研究開発項目 | 担当 | 2019 | | | | 2020 | | | | 2021 | | | | 2022 | | | | 2023 | | | |
|-----------------------------|-----------------|---------------|----|----|----|-----------|----|----|----|----------------------|----|----|----|-------------------|----|----|----|------|----|----|----|
| | | 1Q | 2Q | 3Q | 4Q | 1Q | 2Q | 3Q | 4Q | 1Q | 2Q | 3Q | 4Q | 1Q | 2Q | 3Q | 4Q | 1Q | 2Q | 3Q | 4Q |
| (1)再エネ熱利用システム設計手法の開発 | 鹿島、日建総研 | ツール構築 | | | | モデル建物での検証 | | | | 実運転データを用いた導入検討ツールの検証 | | | | | | | | | | | |
| (2)低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発 | 鹿島、ゼネラルヒートポンプ工業 | 試作機完成 | | | | 実証実験 | | | | 工場試験 | | | | 実証機改良 | | | | | | | |
| (3)室建物における運転性能の実態検証 | 鹿島、名古屋大、日建総研 | 実証機設置 | | | | I期工事 | | | | II期工事 | | | | 実運転データに基づく導入効果の検証 | | | | | | | |
| (4)再エネ熱利用システムの最適運転制御技術 | 鹿島、東京大学 | 最適制御アルゴリズムの構築 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

成果・進捗概要

②低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発

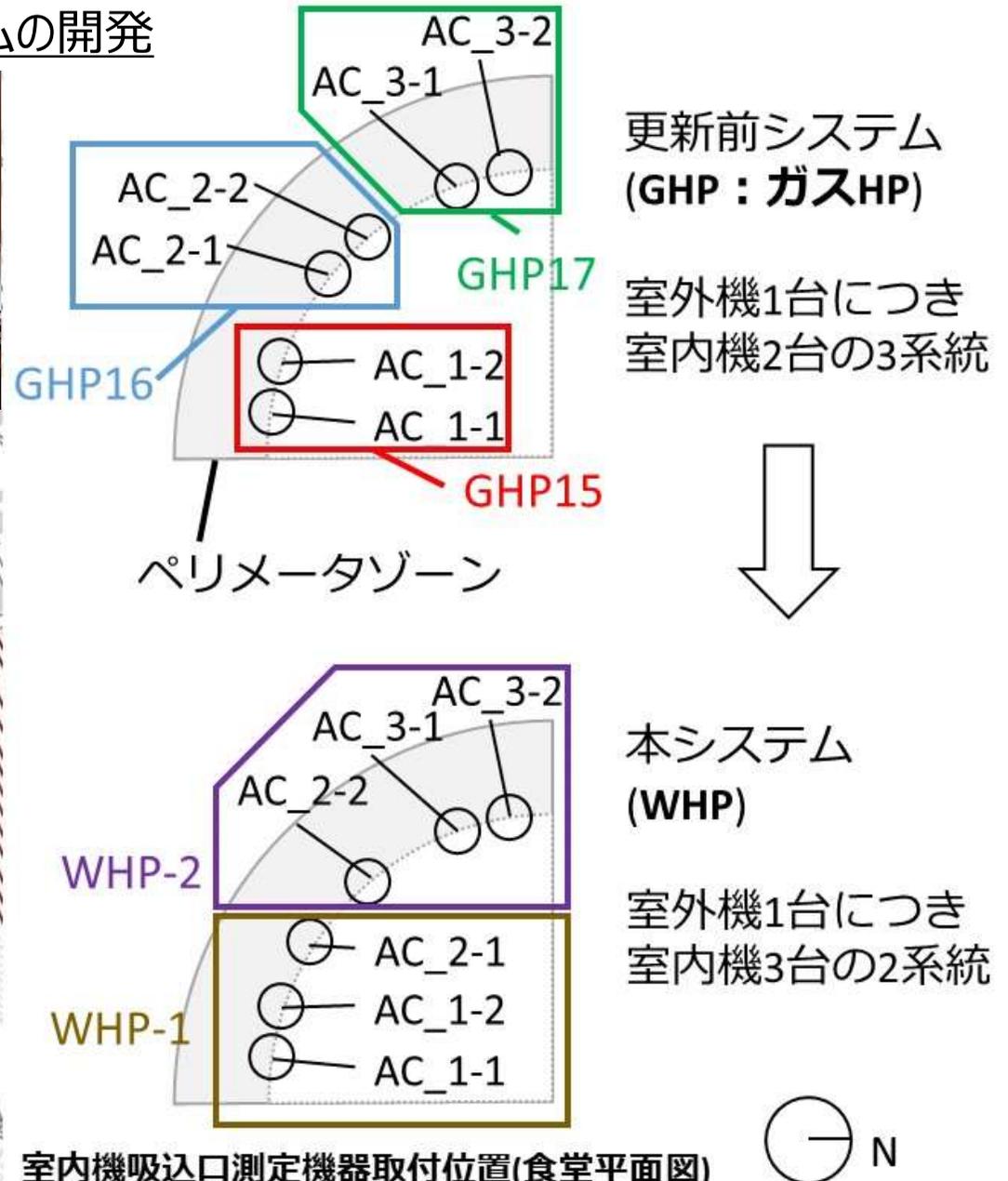
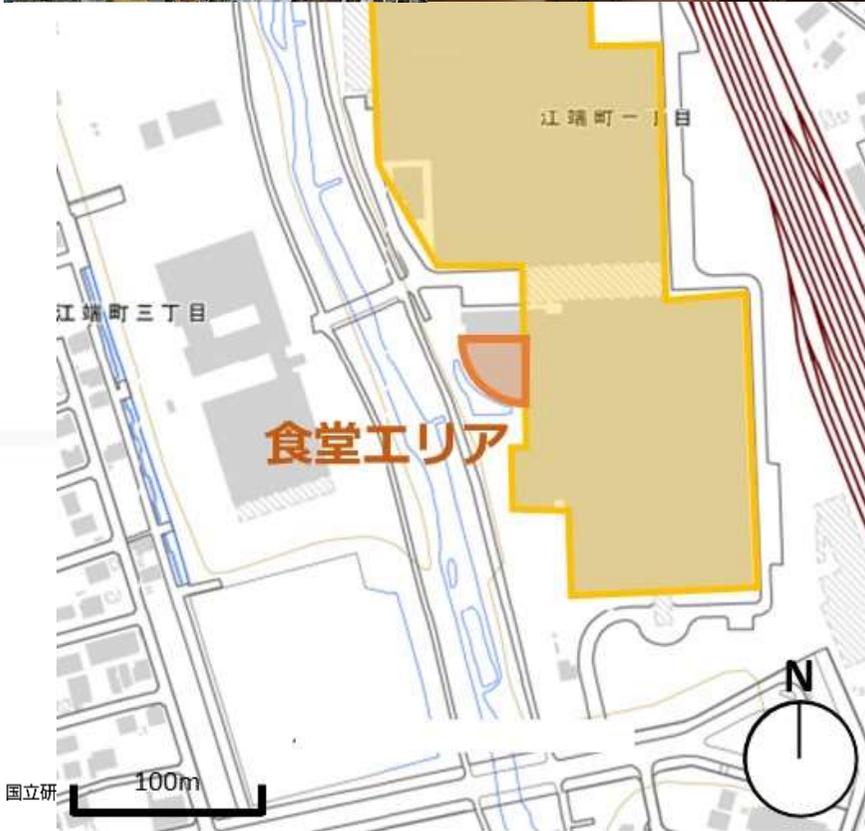


①SSHP (天空熱源HP)



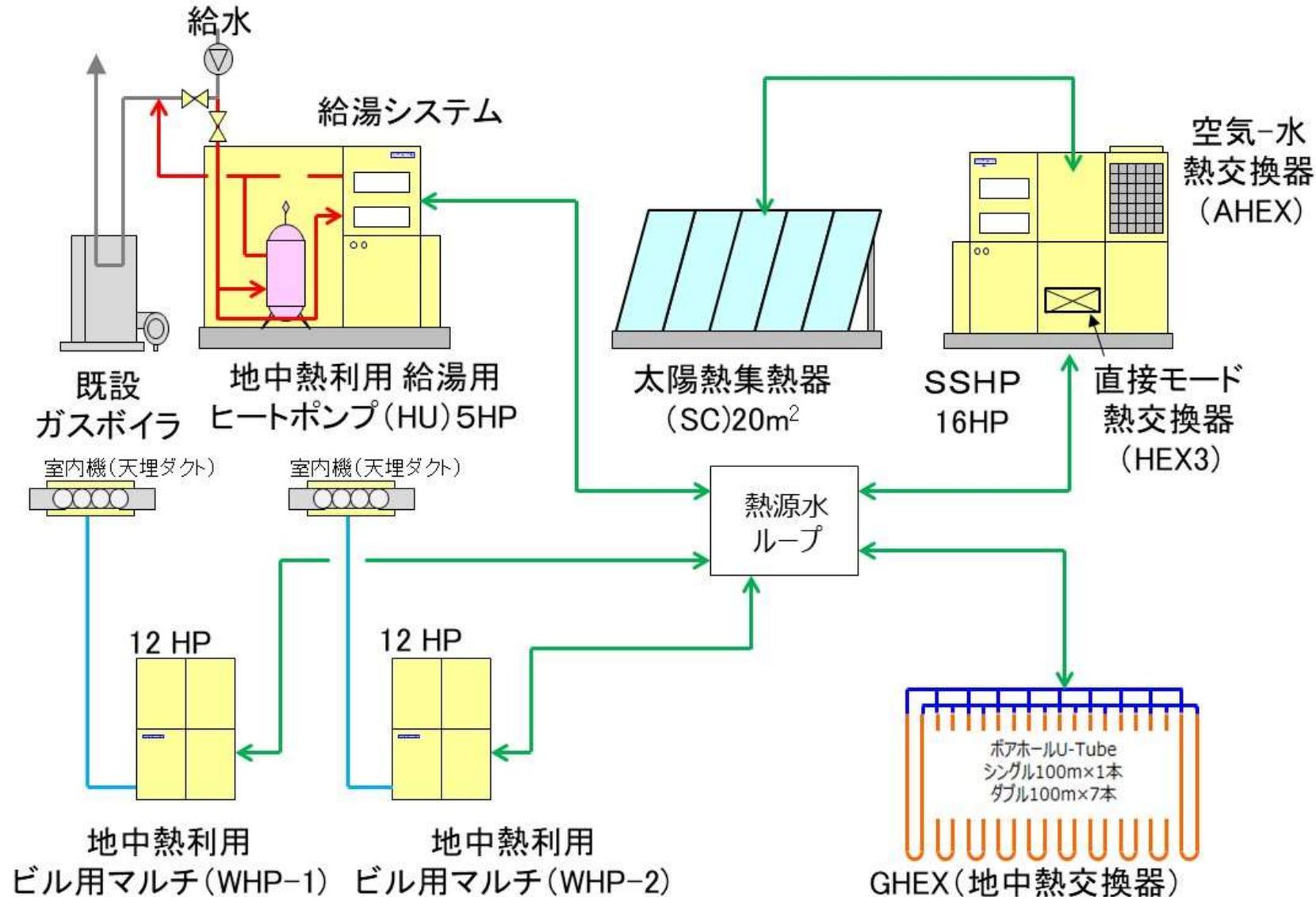
成果・進捗概要

②低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発



成果・進捗概要

③実建物における運転性能の実態検証



成果・進捗概要



給湯ヒートポンプ



ユニット型SSHP



太陽熱集熱器



熱源水ループ配管



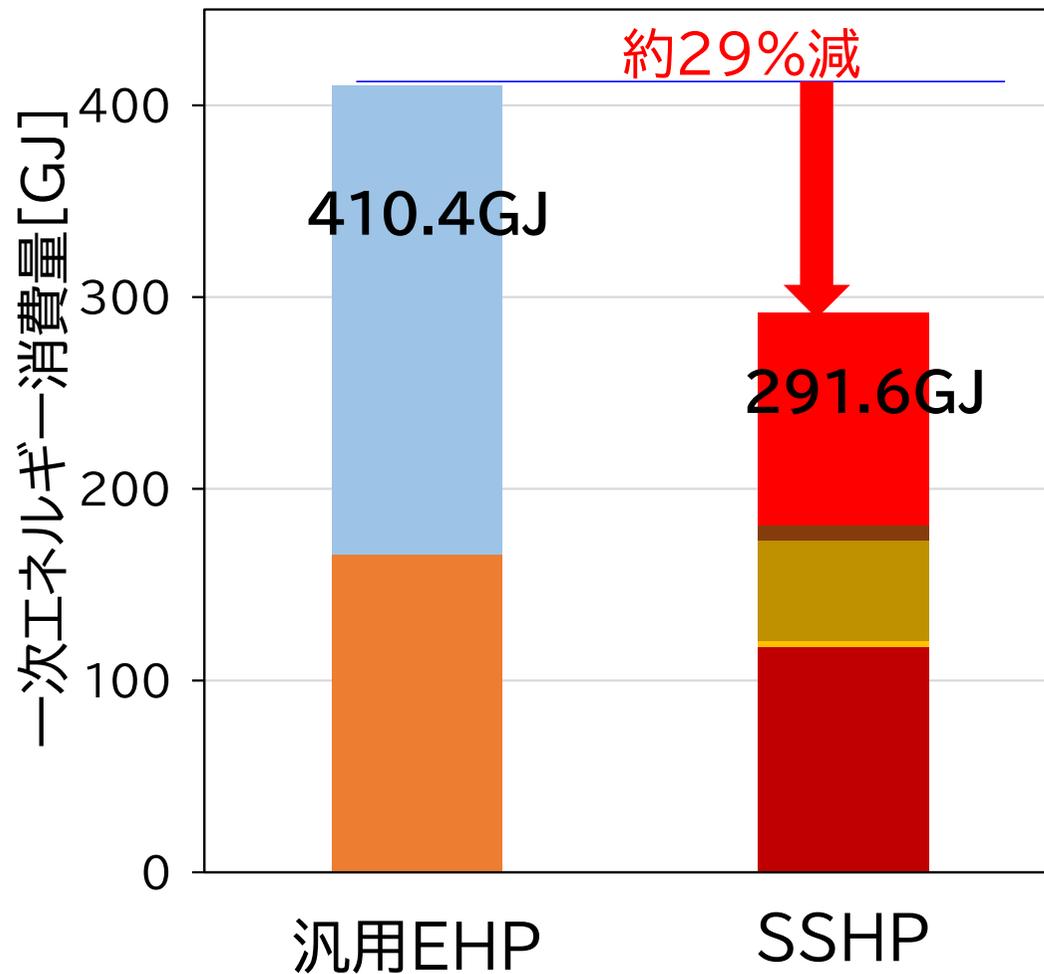
地中熱交換器



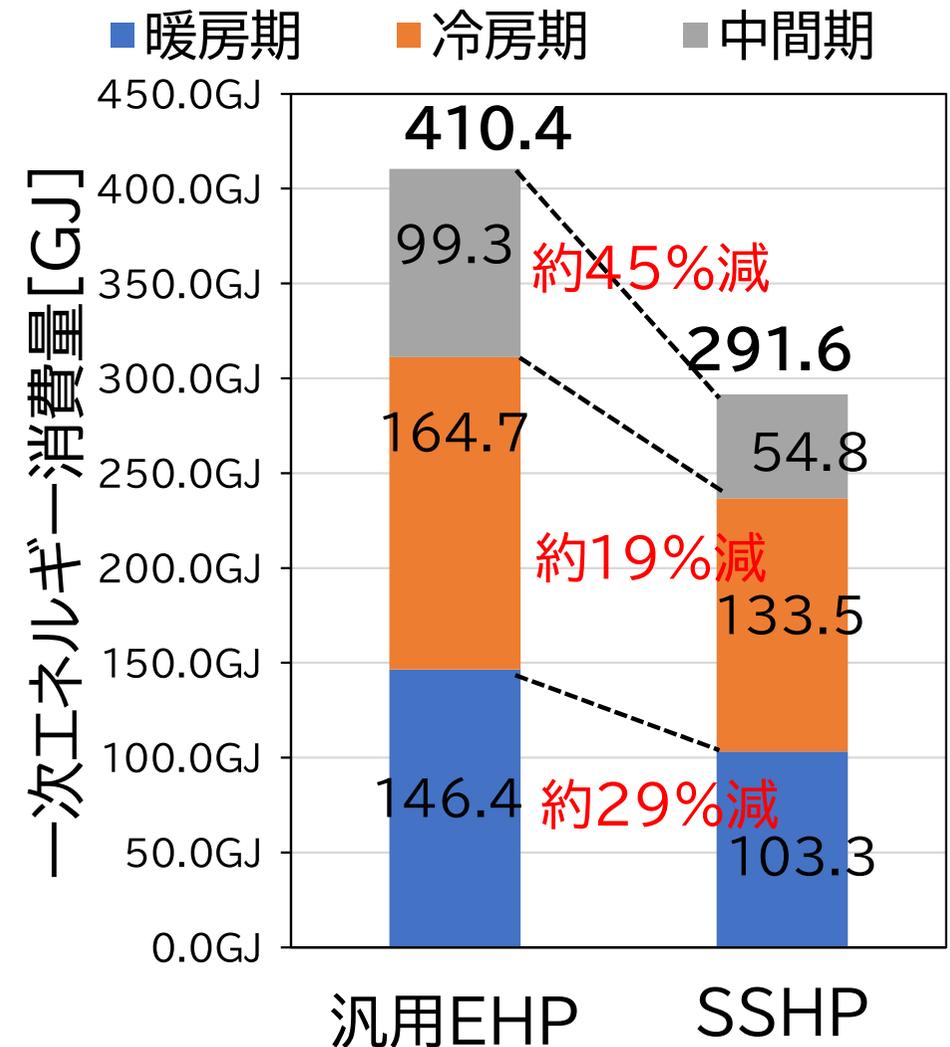
成果・進捗概要

③SSHP導入効果(一次エネルギー消費量)

- 室外機電力消費
- WHP電力(実測)
- WHPポンプ動力(実測)
- SSHP+GHEX電力(実測)
- HU予熱分ガス消費
- HUポンプ電力(実測)
- HU圧縮機消費電力(実測)



2021/11/27~2022/11/26

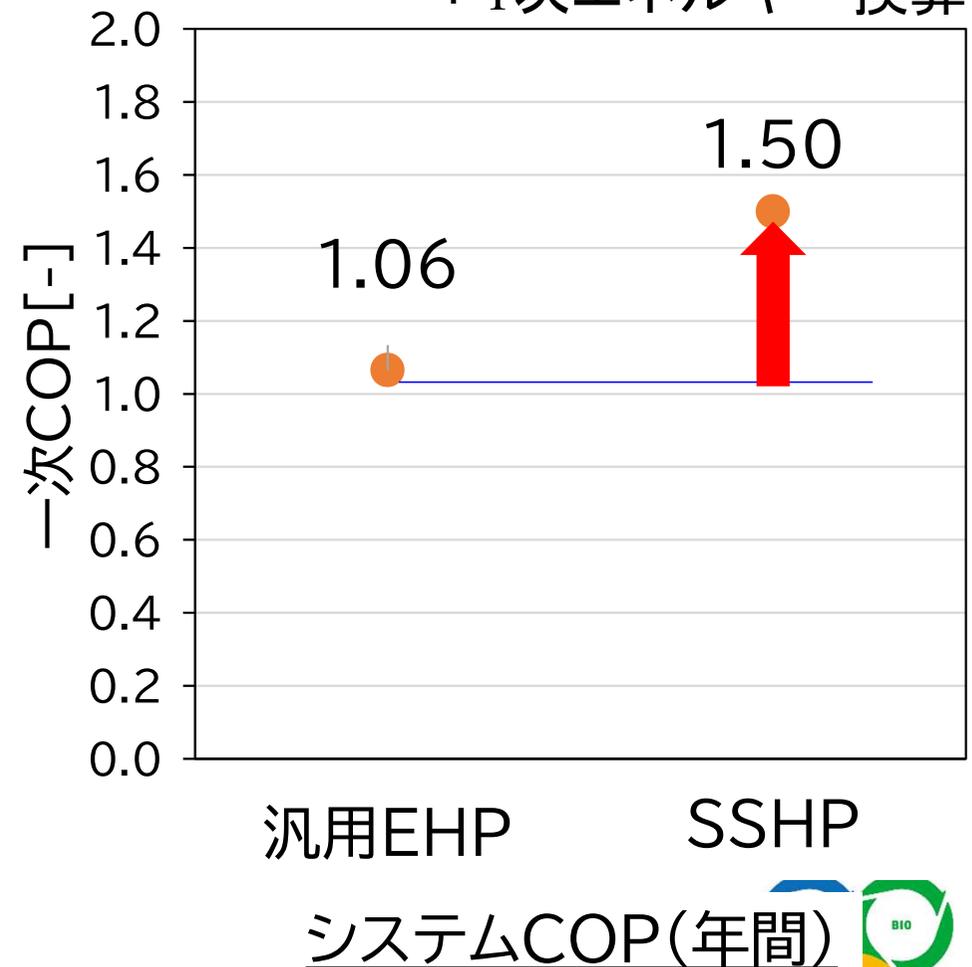
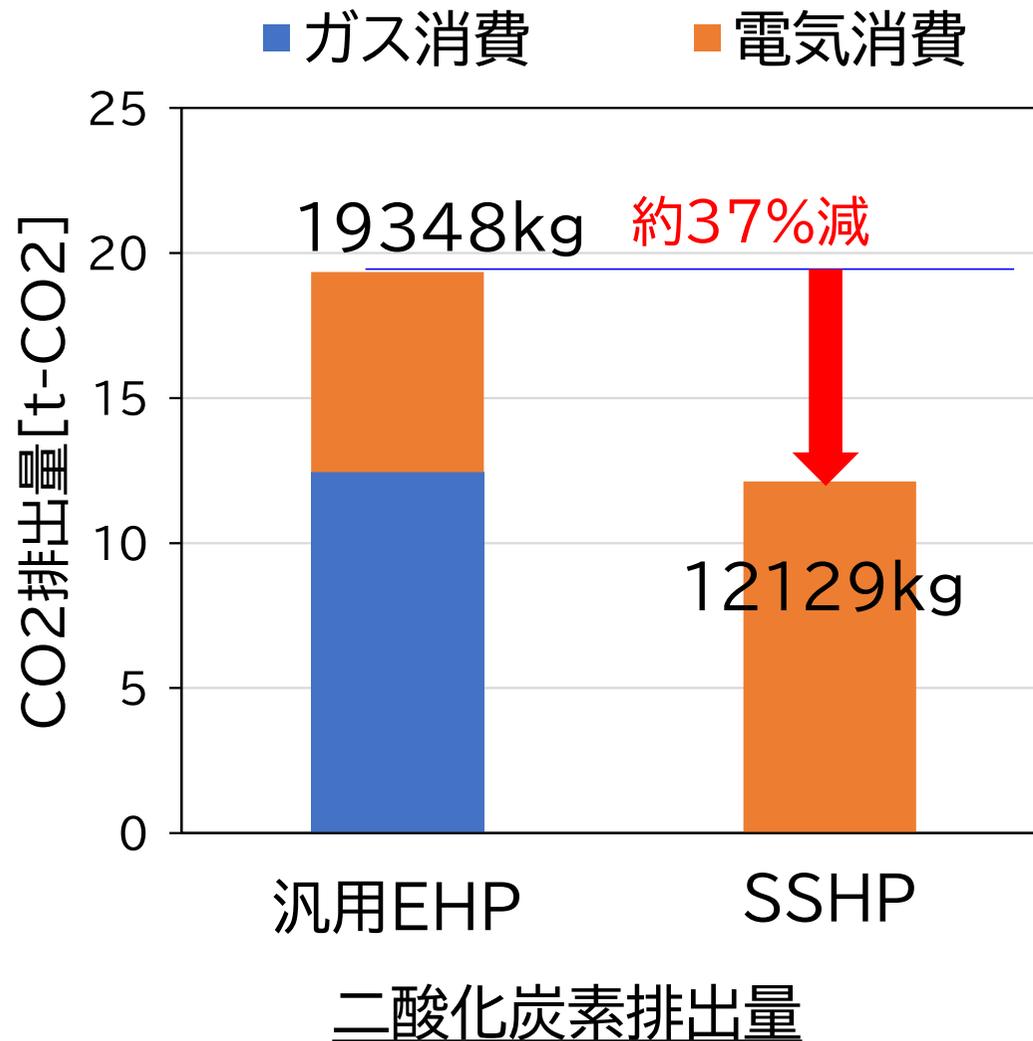


成果・進捗概要

④SSHP導入効果(CO2排出量及びシステムCOP比較)

2021/11/27~2022/11/26

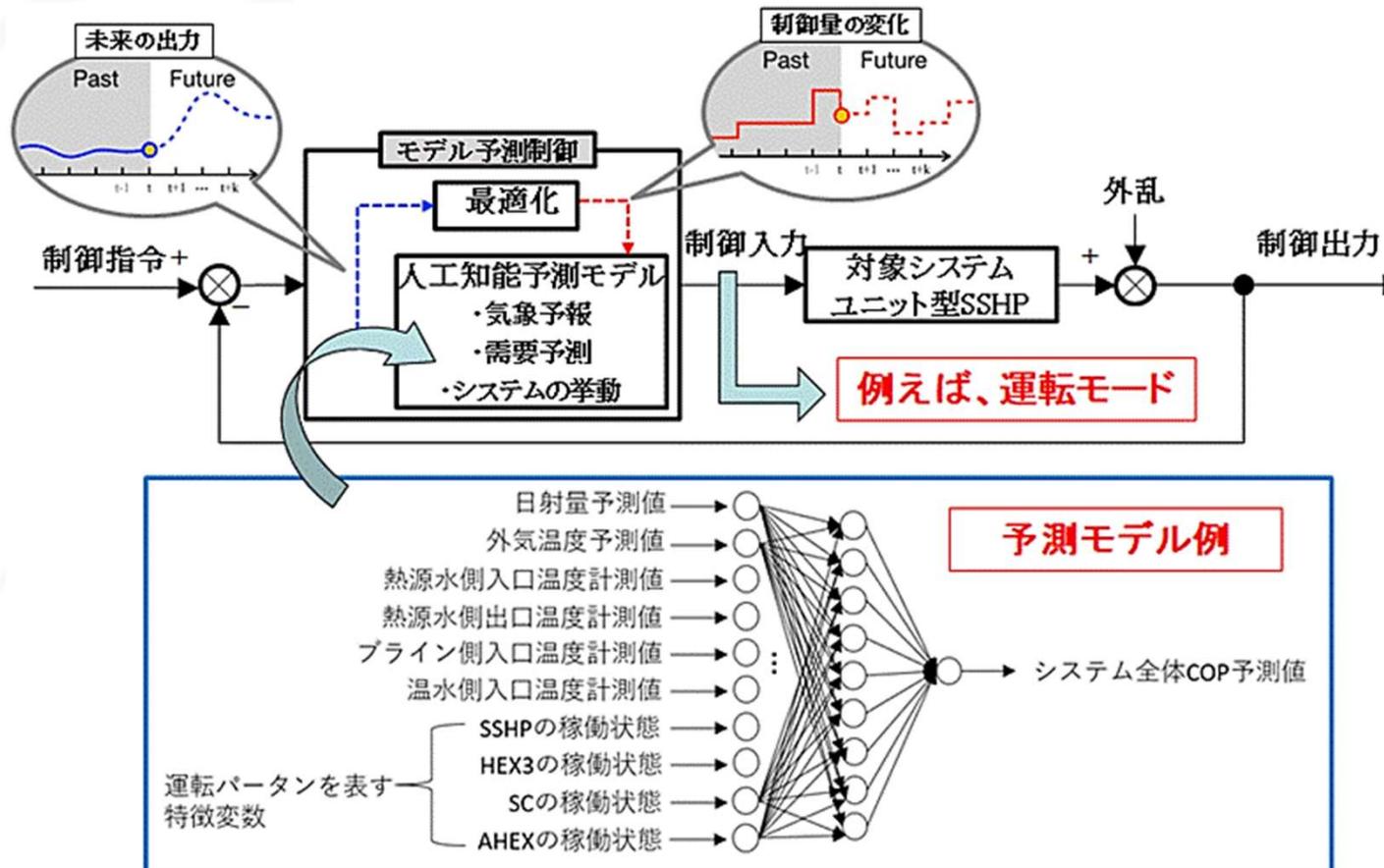
* 1次エネルギー換算



成果・進捗概要

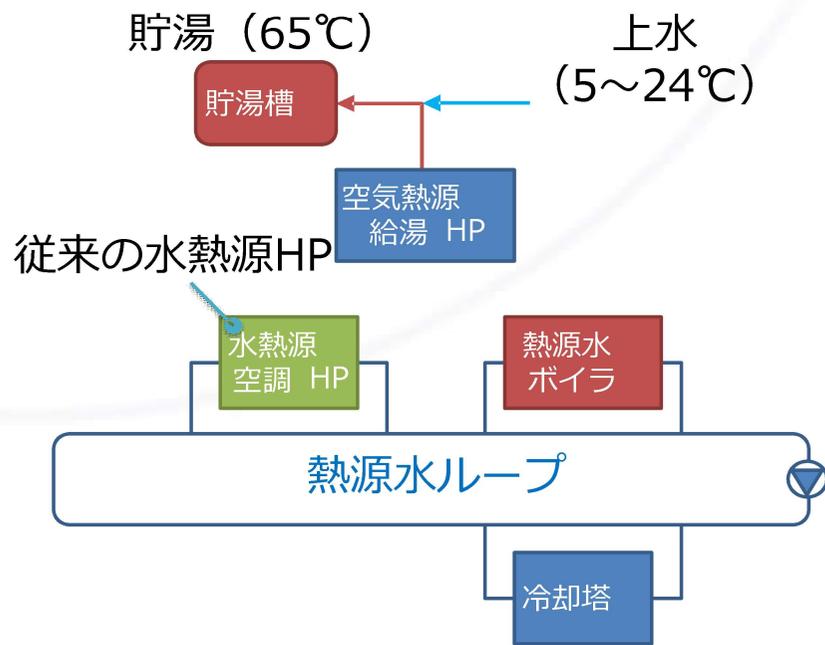
④再エネ熱利用システムの最適運転制御技術

外乱、SSHP運転パラメータを入力値とするAIモデル（ニューラルネットワーク）を構築。これを組み込んだモデル予測制御によりシステムCOP最大となるようなSSHP最適制御手法の概念構築を行った。

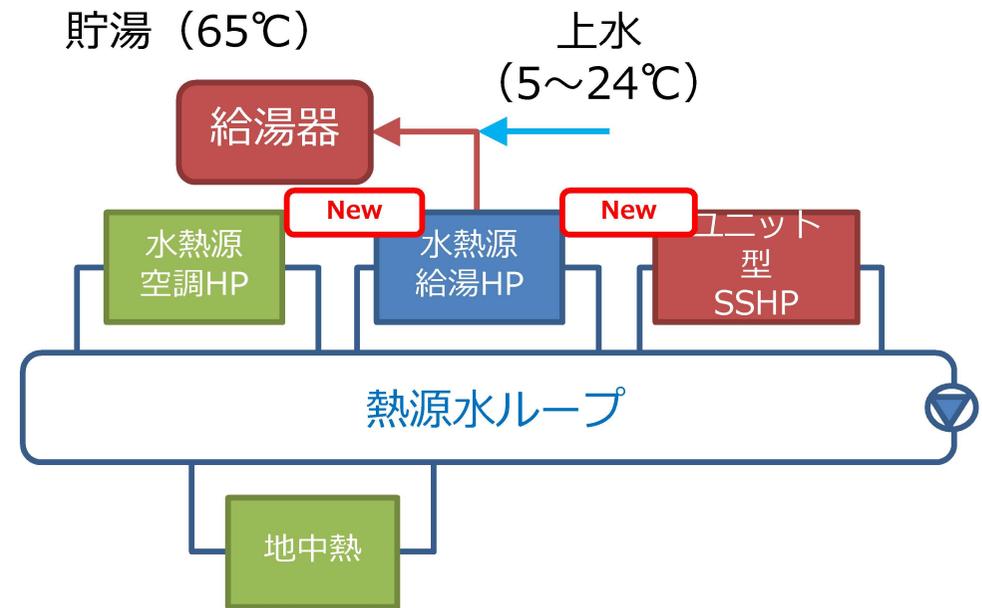


成果・進捗概要

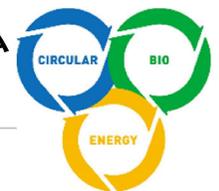
| Case No. | ケース名称 | 空調システム | 給湯システム | 備考 |
|----------|-------------------|-----------------------------------|----------|------------------------|
| Case1 | 従来システム (水熱源HP) | 既存水熱源HP + 熱源水ループ | 空冷エコキュート | 商品化されている 熱源水ループシステム |
| Case2 | 研究開発技術 (新SSHP) | SSHP + 水熱源給湯HP + 地中熱 + 熱源水 ループ | | 大府実証システム |



Case1 従来の水熱源システム



Case2 新SSHPシステム



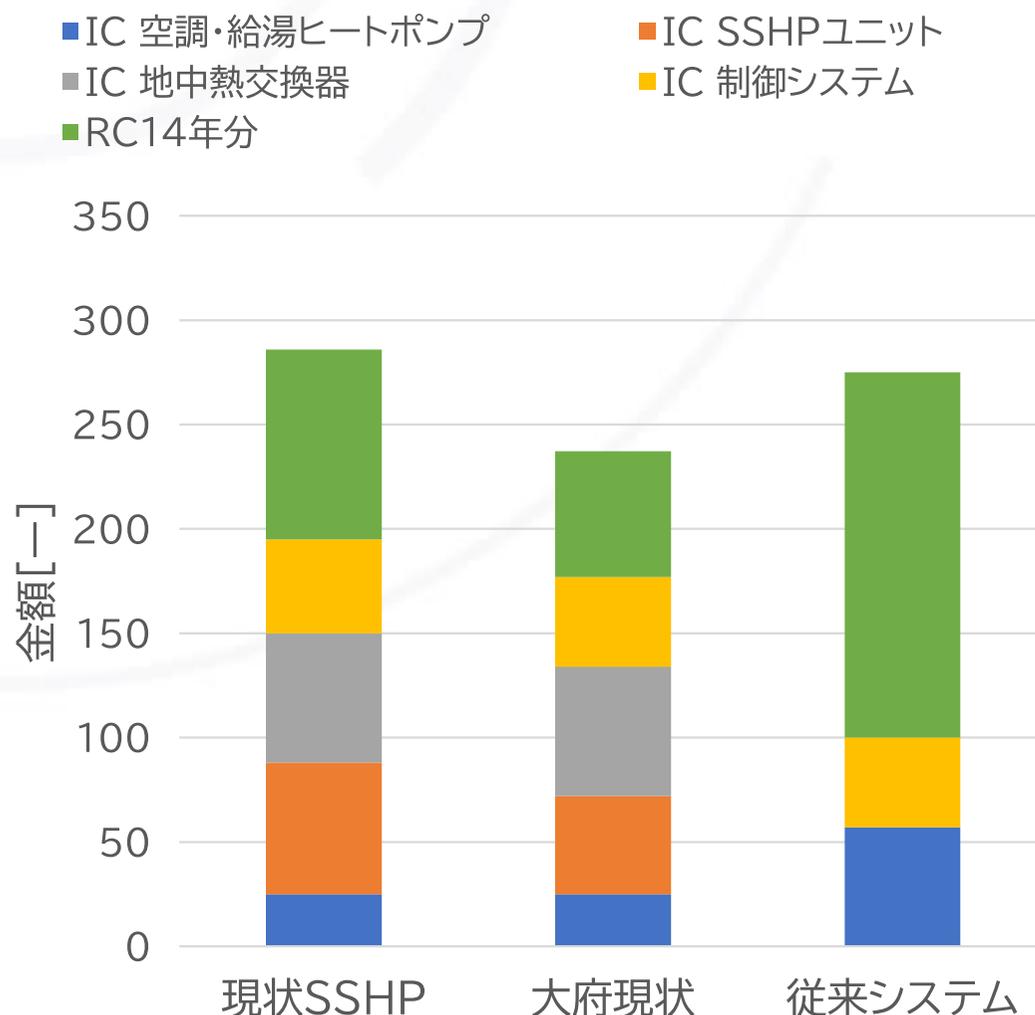
成果・進捗概要

トータルコスト低減の比較対象は、2018年度で終了した、NEDOプロジェクト「再生可能エネルギー熱利用技術開発」で開発した、現状SSHP®システム(Case2)、投資回収年数は汎用的な水熱源HPシステム(Case1)に対するもの。

| 非住宅建物向け (SSHP® 出力45kW/台) | 従来システム (Case1) | 現状 SSHP®シ ステム (Case2) | 大府現状コスト | | 2023年度目標 (Case3) | | 2030年度目標 (Case3) | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
| | | | 目標値 | 低減率 [%]*1 | 目標値 | 低減率 [%]*1 | 目標値 | 低減率 [%]*1 |
| 1.イニシャルコスト | 100 | 195 | 176.8 | 9.3 | 155.3 | 20.4 | 135.1 | 30.7 |
| ①空調・給湯HP | 57 | 25 | 25 | | 15.3 | | 10.1 | |
| ②SSHP®ユニット | 0 | 63 | 47 | | 40 | | 24 | |
| ③地中熱交換器 | 0 | 62 | 62 | | 60 | | 60 | |
| ④配管・計装他 | 43 | 45 | 43 | | 40 | | 40 | |
| 2.ランニングコスト | 12.5 | 6.5 | 4.3 | 34 | 4.3 | 34 | 4.3 | 34 |
| 3.トータルコスト (1+2) | 112.5 | 201.5 | 181.1 | 10.1 | 159.6 | 20.8 | 139.4 | 30.8 |
| 4.投資回収年数 | — | 15.9 | 11.6 | | 8.4 | | 5.3 | |

成果・進捗概要

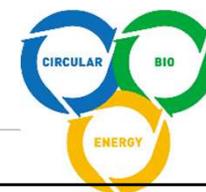
トータルコストの比較について



| <トータルコストの比較について> | | (一) | | |
|---------------------|-------------|--------|------|--------|
| 積み上げ対象 | | 現状SSHP | 大府現状 | 従来システム |
| IC | 空調・給湯ヒートポンプ | 25 | 25 | 57 |
| | SSHPユニット | 63 | 47 | 0 |
| | 地中熱交換器 | 62 | 62 | 0 |
| | 制御システム | 45 | 43 | 43 |
| RC14年分 | | 91 | 60 | 175 |
| トータルコスト (IC+RC14年分) | | 286 | 237 | 275 |

成果・進捗概要

| 研究開発項目 | 研究開発対象 | 現状の成果 | | | 2023年度目標 (プロジェクト) |
|------------------------------|-----------------|---------------------------------------|---|---|--|
| | | コスト面 | | 性能面 | |
| | | 個別 | トータル | 個別 | |
| (1)再エネ熱利用システム設計手法の開発 | 設計技術 | — | 9.4%低減 (IC9.3%減、RC10%減) 投資回収年数12年 | 2020年度にLCEMベースの設計用シミュレーションツールを完成。 2021年8月に実証機完成。 現時点で従来SSHPシステムCOP3.1から新SSHPシステムCOP 4.17 に向上 | 2023年度までにトータルコスト20%以上低減させ、2030年までに30%以上低減の行動計画策定 |
| (2)低コスト・高効率ユニット型SSHP®システムの開発 | 太陽熱・空気熱利用ヒートポンプ | (当社保有の)太陽熱利用ヒートポンプに対し熱量単価(円/kW)で36%低減 | | | |
| (3)実建物における運転性能の実態検証 | 運転性能実証 | — | | | |
| (4)再エネ熱利用システムの最適運転制御技術の開発 | 運転制御技術 | — | | | |



成果・進捗概要

| 研究開発項目 | 中間目標 (2021年度末) | 最終目標 (2023年度末) | 成果 |
|---------------------------|--|--|--|
| ①再エネ熱利用システム設計手法の開発 | 構成機器をコパ°外に集約した「ユニット型SSHP」を開発する。夏期・冬期条件での目標単体COP6以上を達成する。 | 2021年度～2023年度に実建物（豊田自動織機大府工場）を対象にSSHP導入効果を検討。 成果達成。 | 2019年度に作成した設計用シミュレーションツールを用いて、実建物（豊田自動織機大府工場）及びモデル建物を対象にSSHP導入効果を検討した。 |
| ②低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発 | 構成機器をコパ°外に集約した「ユニット型SSHP」を開発する。夏期・冬期条件での目標単体COP6以上を達成する。 | 構成機器をコパ°外に集約した「ユニット型SSHP」を開発。夏期・冬期条件での目標COP6以上を達成。 2020年度の工場試験で目標達成 | 2019年度に完成した小型実証機機でシステム実験を行うとともに、2020年度に大府実証機を製作、工場試験を実施。 |
| ③実建物における運転性能の実態検証 | 2020年度～2023年度にかけて年間発生頻度の高い、低負荷運転下でのSSHP運転性能を検証。 | 2020年度～2023年度にかけて年間発生頻度の高い、低負荷運転下でのSSHP運転性能を検証。 成果達成。 | 2021年度8月に完成した実建物（豊田自動織機大府工場）での実証装置の運転データを取得し、2022年度の運転性能評価を実施。 |
| ④再エネ熱利用システムの最適運転制御技術 | 再生可能熱I補給°-を複合的に利用する最適制御手法を開発。 | 再生可能熱I補給°-を複合的に利用する最適制御手法を開発。 2020年度に成果達成。 | 2019年～2020年に最適制御アルゴリズム完成。シミュレーションで実験結果を高い精度で再現。 |