

2021年度成果報告会

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/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

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)技術研究所
塩谷正樹
E-mail: shioyam@kajima.com
TEL: 090-7716-8678

事業概要

1. 期間

開始 : 2019年7月

終了(予定): 2022年3月

2. 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。

3. 成果・進捗概要

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)

- ・実証準備として、既存建屋エネルギー消費量計測及び地中熱交換器TRT試験を実施。

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)

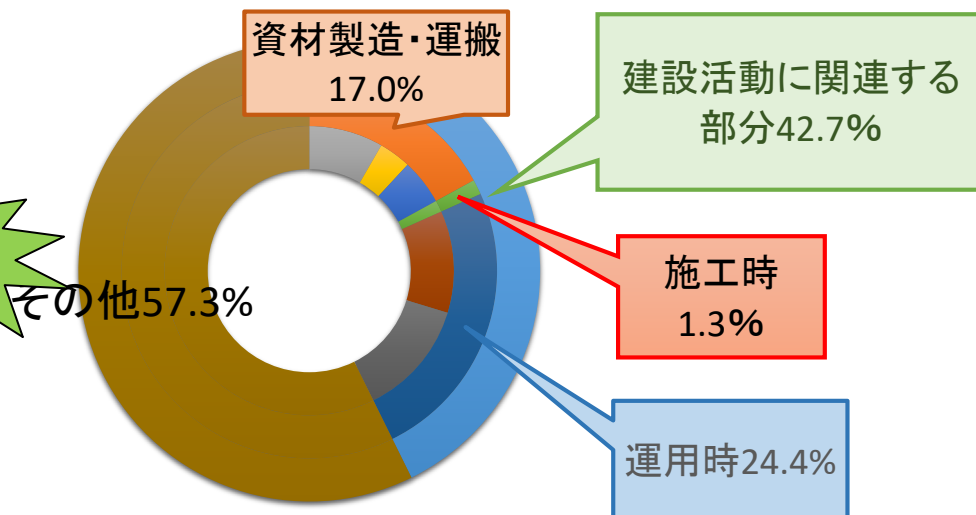
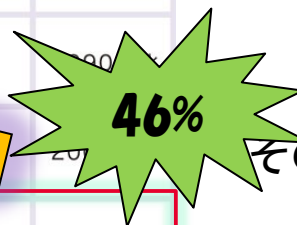
- ・制御シミュレーションツール上でSSHPシステム実験結果を高い精度で再現。

1. 背景と目的

- パリ協定発効を機に、世界的に低炭素化社会実現に向けた動きが活発化している。日本は、2030年までに、2013年比で、温室効果ガス排出量26%削減の目標を掲げてきたが、さらに令和3年4月には第45回地球温暖化対策推進本部で削減目標46%、2050年カーボンニュートラル実現を表明した
- 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 排出量を 2030年までに 60-65% 削減 <small>※2030年前後に、CO₂排出量のピーク</small> 2005年比
 EU	2030年までに 40% 削減 2005年比
 インド	GDP当たりのCO ₂ 排出量を 2030年までに 33-35% 削減 <small>※2030年前後に、CO₂排出量のピーク</small> 2005年比
 日本	2030年度までに 26% 削減 <small>※2005年比では25.4%削減</small> 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. 研究開発の内容・実施体制

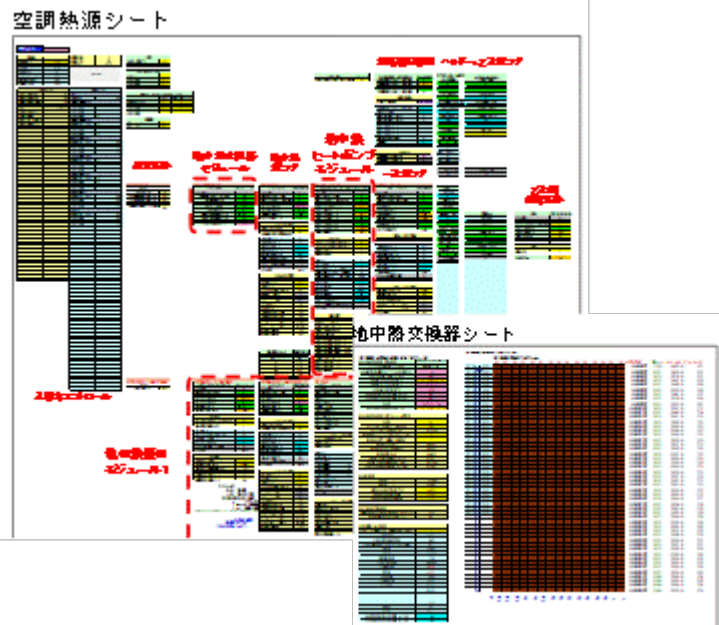
2. 1 研究開発の内容

①再エネ熱利用システム設計手法の開発(鹿島、日建総研)

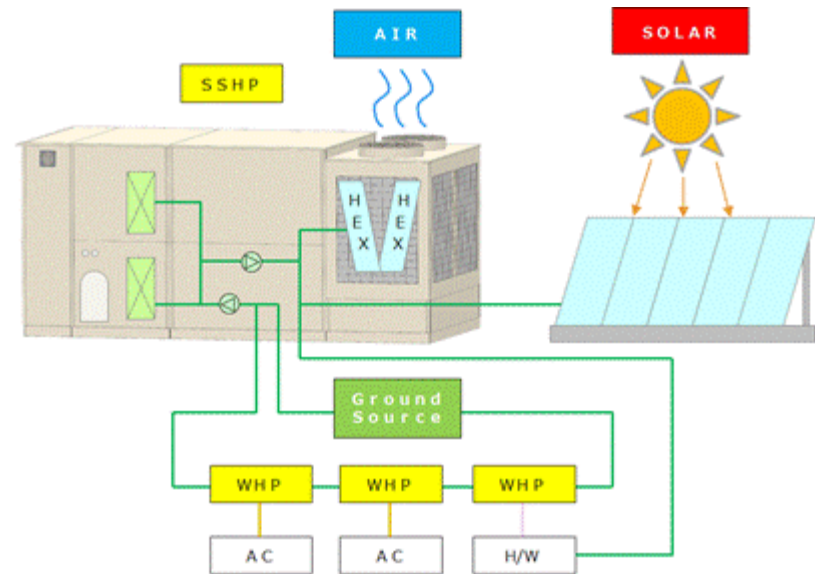
- ・地中熱・太陽熱利用を組み込んだシステムシミュレーションツールを開発。
- ・作成したツールを活用して、システム導入予定の建物モデルを対象に、適正な運転方法や省エネ性能、さらに実建物での年間運転実績データの分析に基づく開発システムの運転性能を検証。

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)

- ・SSHP,空気-水熱交などをユニット化した統合型SSHPを実用化し、実建物で実証する。
- ・水熱源ビル用マルチ、給湯用ヒートポンプ実用機を完成し、実建物で実証する。



シミュレーションツールのイメージ



ユニット型SSHPの基本構成

2. 研究開発の内容・実施体制

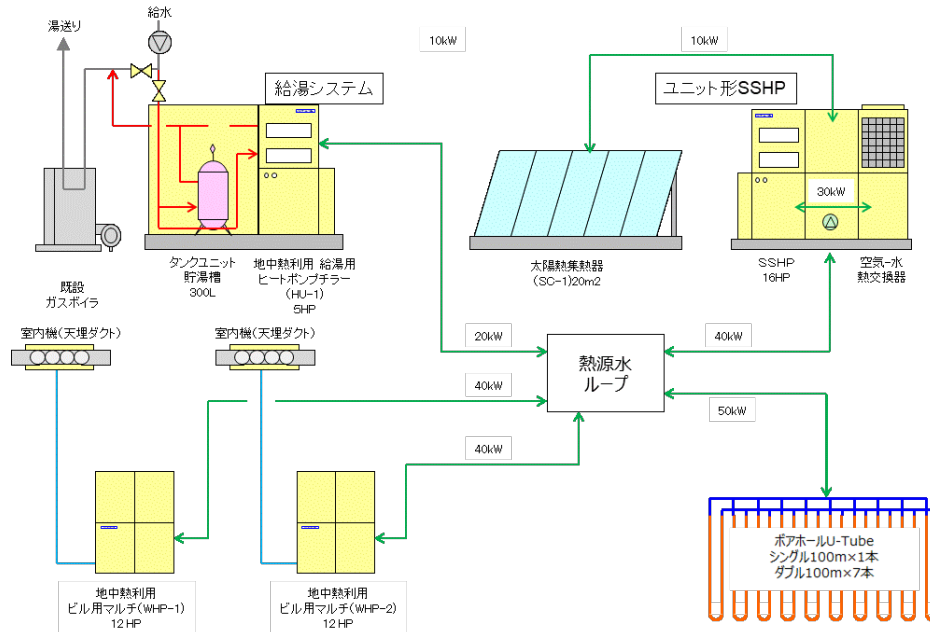
2. 1 研究開発の内容

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)

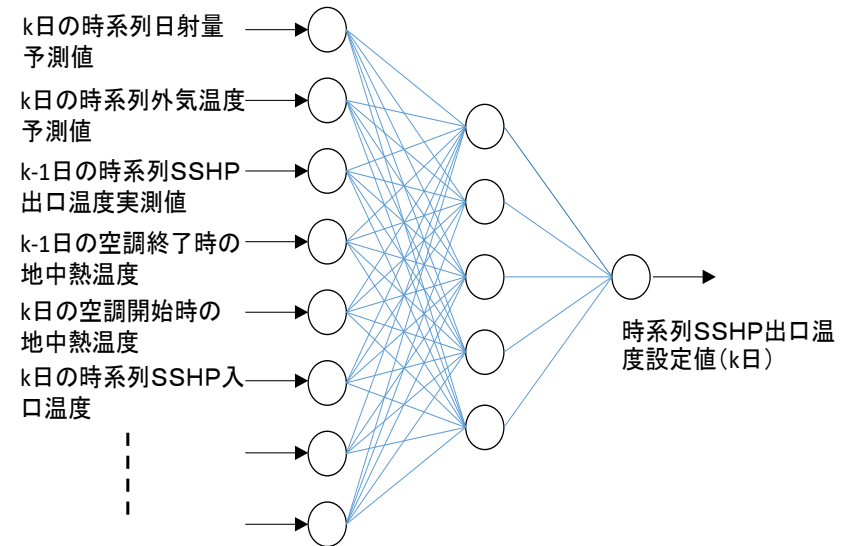
- ・早期の市場投入を図るため、実建物運用での変動負荷時の性能検証を行う。

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)

- ・機械学習などのAI等を活用した、太陽熱+地中熱を活用する最適制御アルゴリズムを構築し、実用的な運転制御手法を開発する。

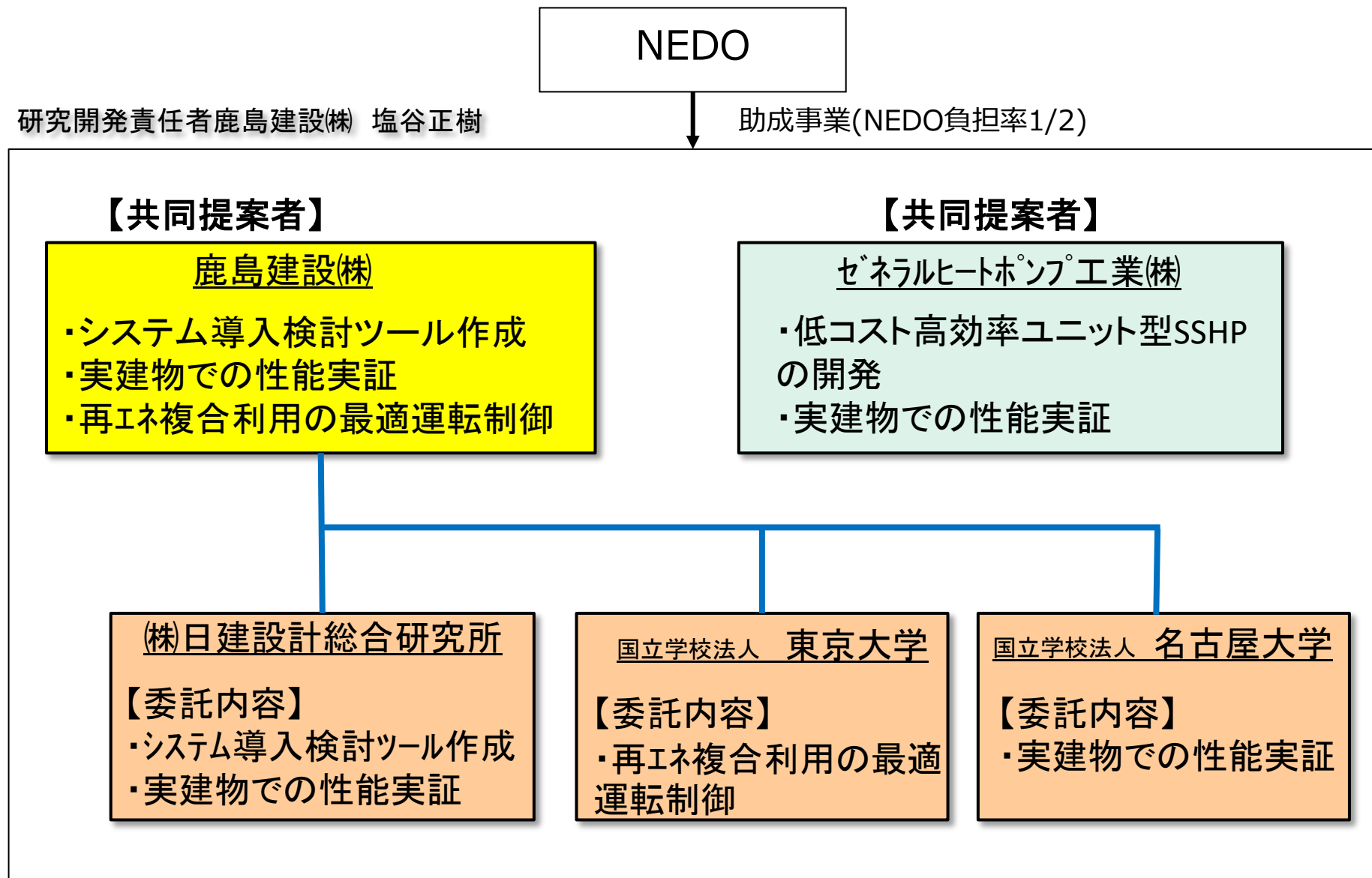


導入システムのイメージ



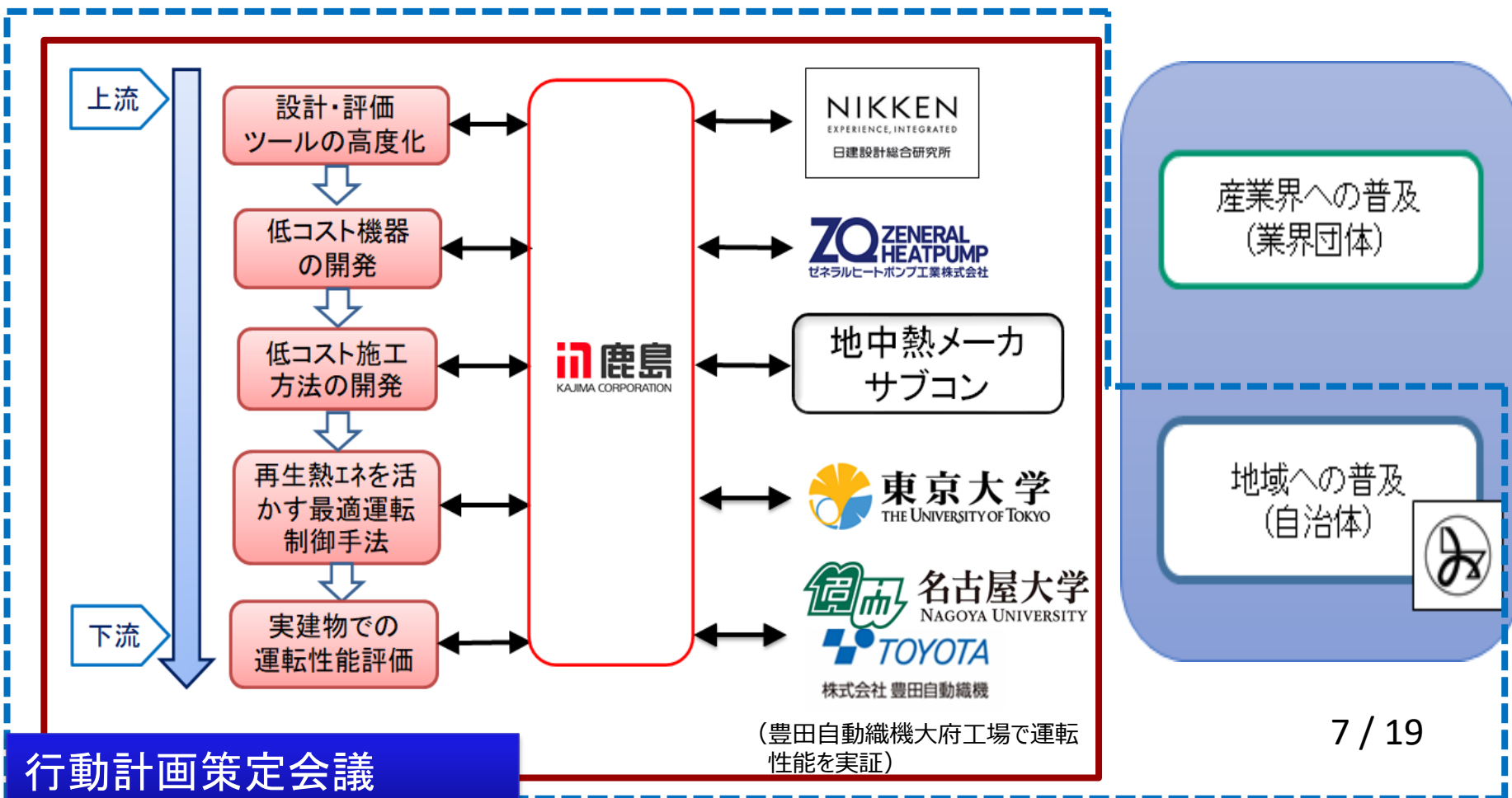
最適制御のイメージ

2. 研究開発の内容・実施体制



2. 研究開発の内容・実施体制

- 再生可能エネルギー熱利用の上流（設計段階）から下流（運転性能評価）に関わる事業者等を集めたコンソーシアム体制を構築し、事業者間の役割分担を最適化する。
- コンソーシアムでは、地域レベルでの普及を目指し、行動計画委員会を立ち上げて自治体（愛知県大府市）と連携し、成果の普及方策を策定する。



3. 研究開発目標と根拠

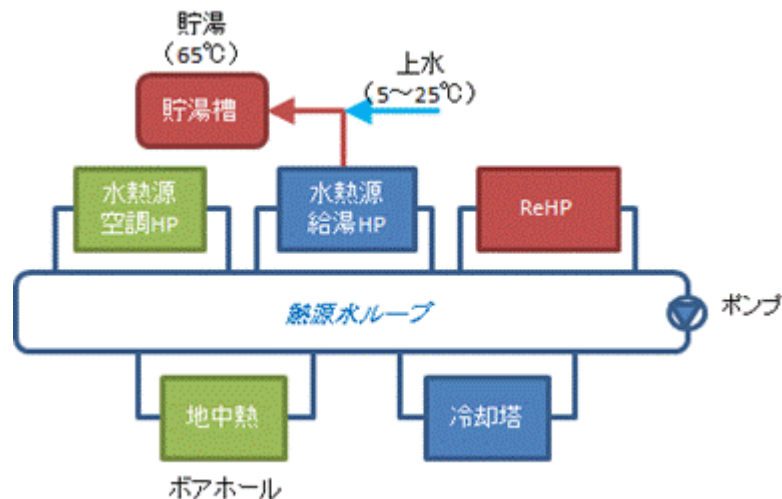
トータルコスト低減の比較対象は、2018年度で終了した、NEDOプロジェクト「再生可能エネルギー熱利用技術開発」で開発した、現状SSHHPシステム(Case2)。

従来システムに対するコスト低減・投資回収年数の試算

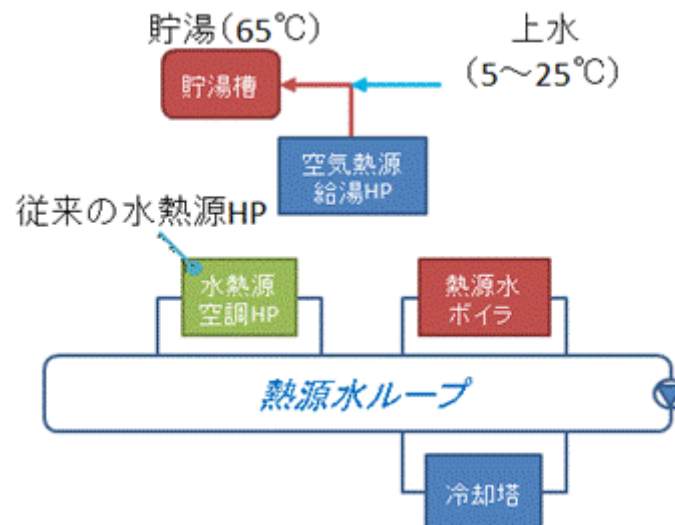
*1:低減率は現状SSHHP(Case2)に対する割合を示す。

非住宅建物向け (SSHHP 出力45kW/台)	従来システム(Case1)		当社保有 ReHPシステム (Case0)		現状SSHHP システム (Case2)	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
1.イニシャルコスト	100		302		195	155.3	20.4	135.1	30.7
①空調・給湯HP	57		41		25	15.3		10.1	
②SSHHPユニット	0		123		63	40		25	
③地中熱交換器	0		90		62	60		60	
④配管・計装他	43		48		45	40		40	
2.ランニングコスト	12.5		8.9		6.5	5.9	10	5.9	10
3.トータルコスト (1+2)	112.5		310.9		201.5	161.2	20	141	30
4.投資回収年数	—		—		15.9	8.4		5.3	

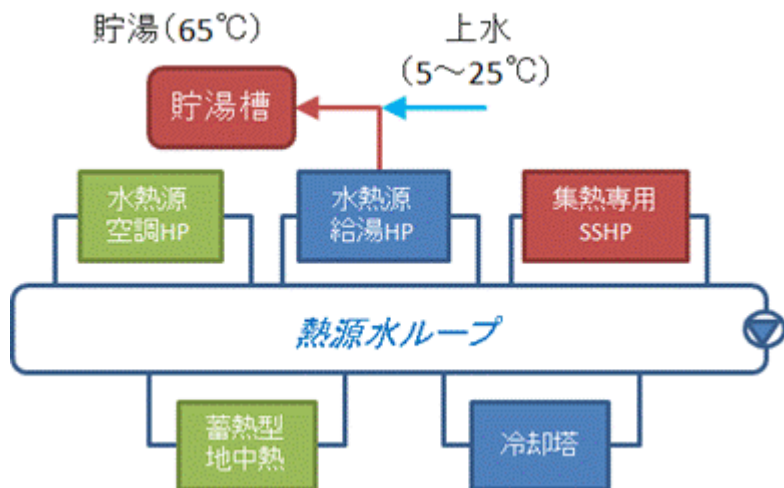
3. 研究開発目標と根拠



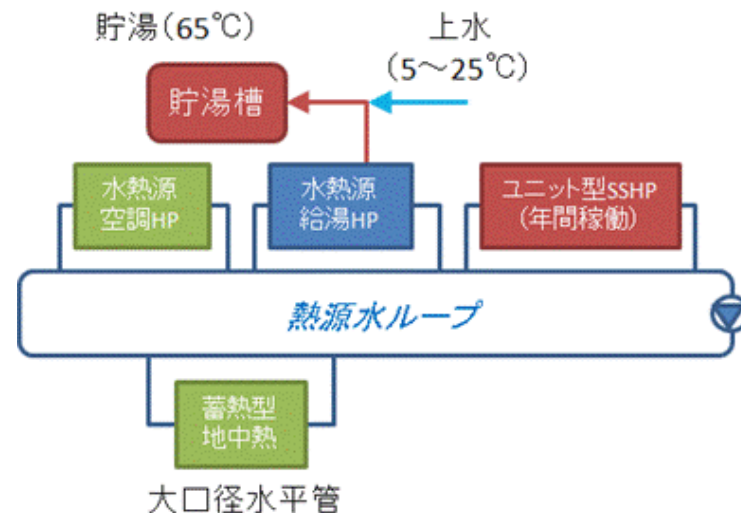
Case0 当社保有ReHP



Case1: 従来システム



Case2: 現状SSHHPシステム



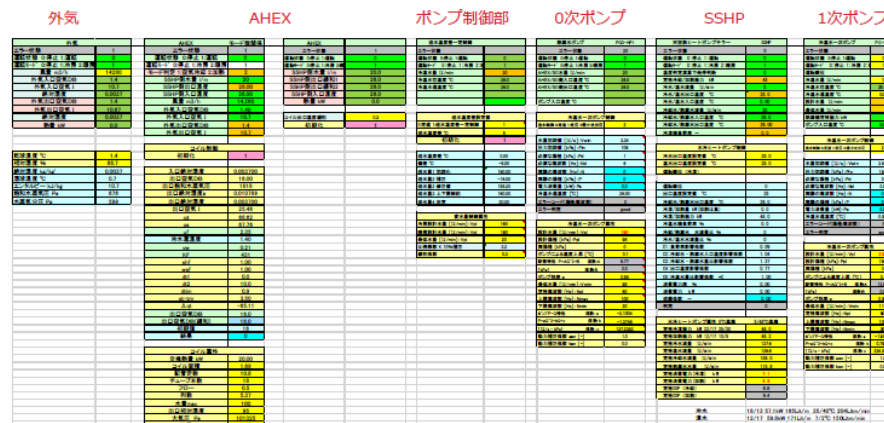
Case3: 新SSHHPシステム

4. 研究開発のスケジュール

[illegible]

①再エネ熱利用システム設計手法の開発

- 各モジュール
別シートで計算



The figure consists of three bar charts comparing the performance of GHP, EHP, and SSHP systems. The SSHP system is further divided into '旧・SSHP' (Old SSHP) and '新・SSHP' (New SSHP) for 19°C and 25°C conditions. The charts show CO2 emissions (kg/year), primary energy (GJ/year), and primary energy COP.

System	CO2排出量 (kg/year)	一次エネルギー (GJ/year)	一次エネルギーCOP
GHP	22,767	454	0.739
EHP	21,033	432	0.778
旧・SSHP	17,915	383	0.878
新・SSHP 19℃	15,821	338	0.994
新・SSHP 25℃	15,240	325	1.032

5. 実施内容(2020年度)

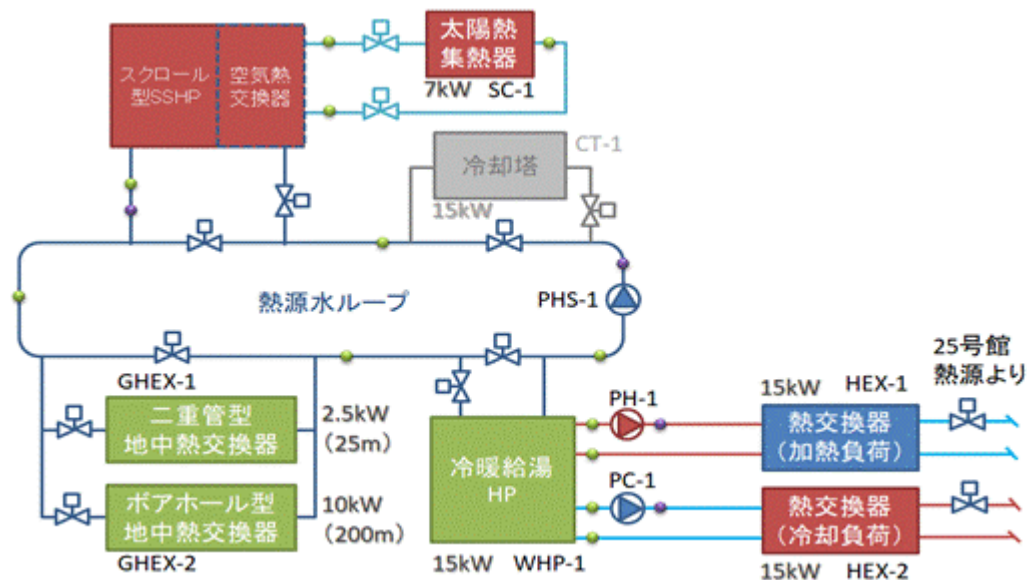
②低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発

■小型実証機による加熱・冷却性能評価(実験概要)

- 鹿島建設・西調布実験棟で、ユニット型SSHP小型実証機を用いた熱源水加熱・冷却性能を実証。
- 2019年冬期に熱源水加熱性能を実証。太陽熱、空気熱集熱が特に期待できる時間帯では、熱源水直接加熱モードへの切替によるシステム全体の高効率運転が可能。また、2020年度夏期に、冷房時の熱源水冷却性能を実証した。



ユニット型SSHP実証機



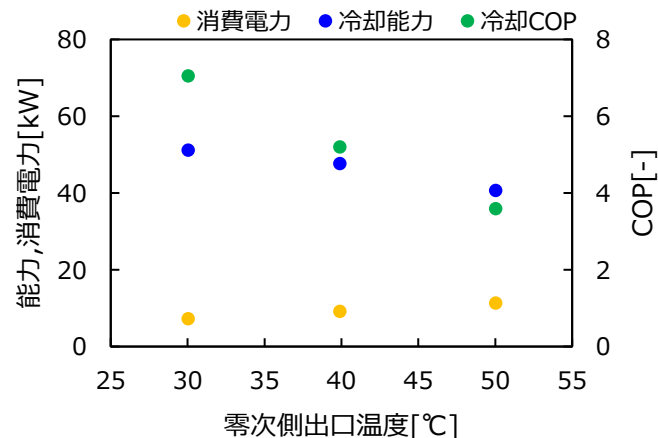
実証システム概要

5. 実施内容(2020年度)

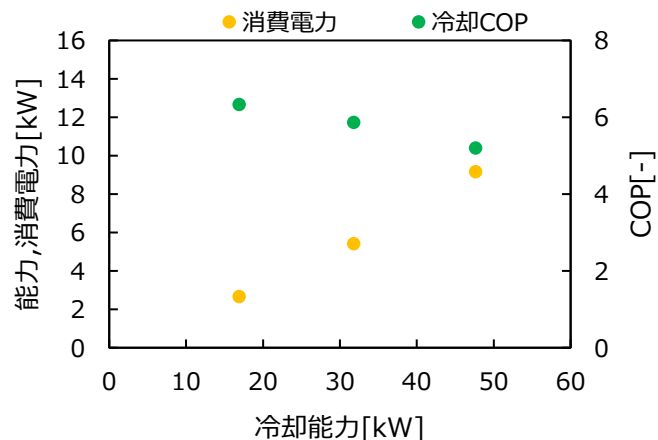
②低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発

■大府実証機の製作と工場試験

- 大府実証機の夏季条件における、性能試験を実施し目標単体COP6以上を達成できることを確認した。
- 冬季条件における性能試験は、現在実施中だが3月の実建物への搬入までには完了予定



夏季条件 性能試験結果
(一次側22→17°C/零次側温度差5°C)



夏季条件 部分負荷性能試験結果
(一次側22→17°C/零次側35→40°C)



左: 内部写真、右外観写真

5. 実施内容(2020年度)

③実建物(豊田自動織機大府工場)における運転性能の実態検証



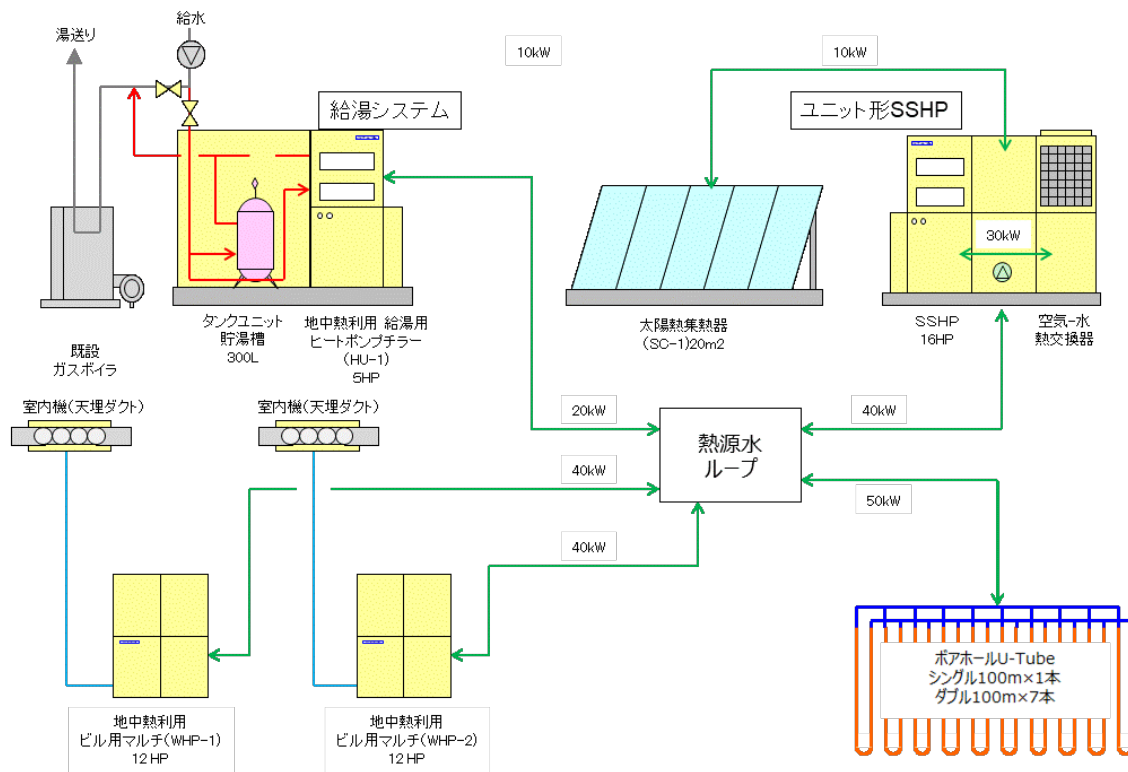
大府工場外観



食堂内観

2021年度8月に実証建物でSSHP実証システムを設置し、下記運転性能評価を実施。

- ①食堂系統空調・給湯エネルギー消費量計測
 - ②実証システムによる年間性能評価*
- *2021年度～2023年度に実施予定。

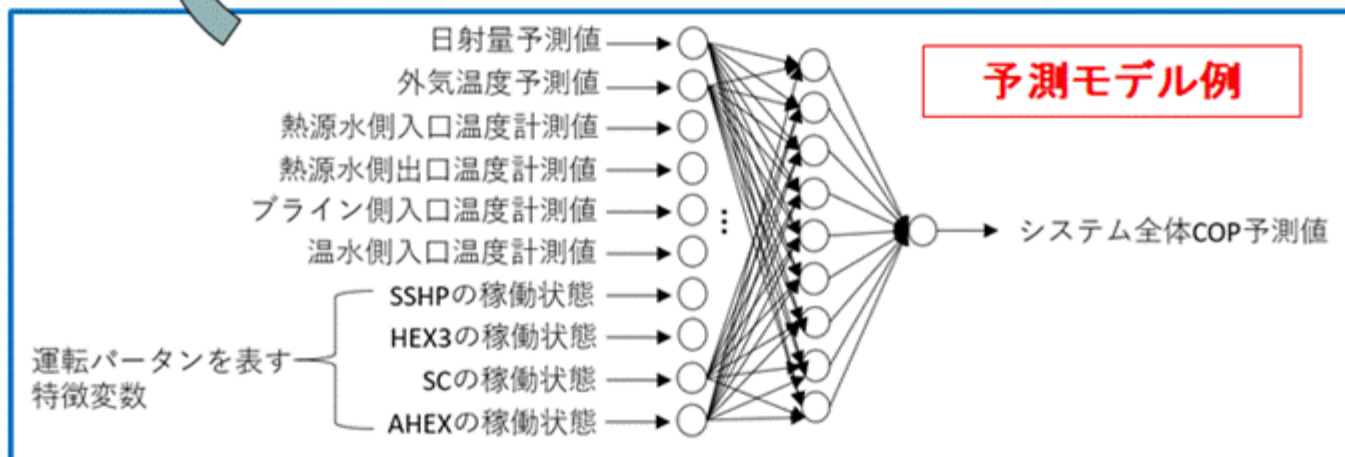
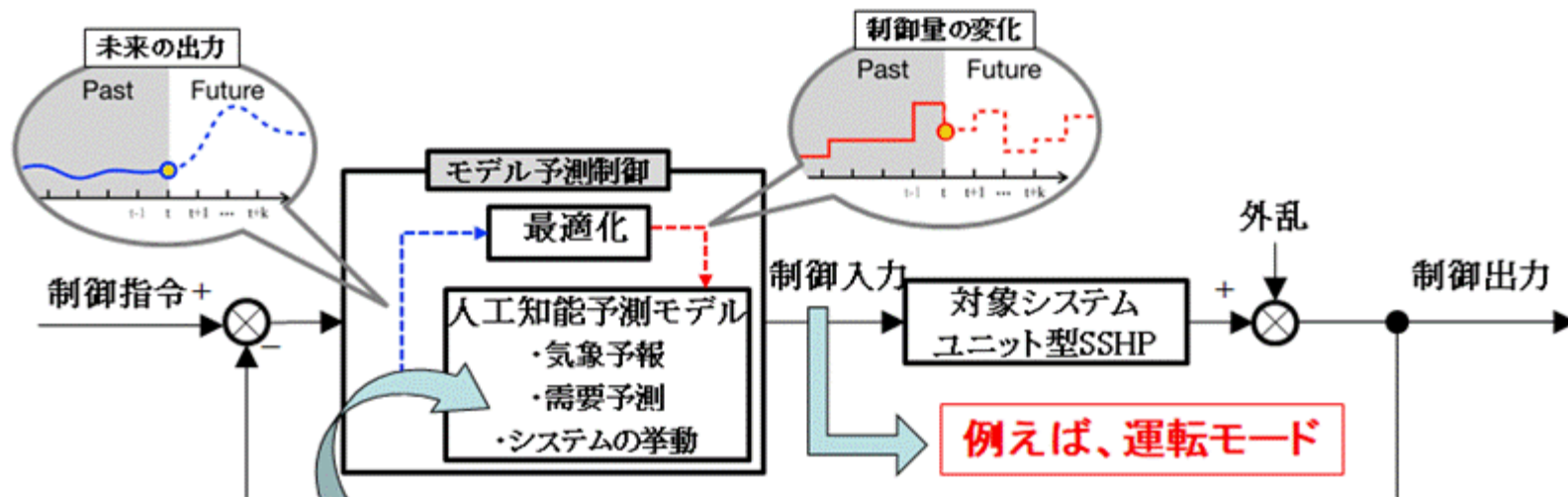


SSHP実証システム概要

5. 実施内容(2020年度)

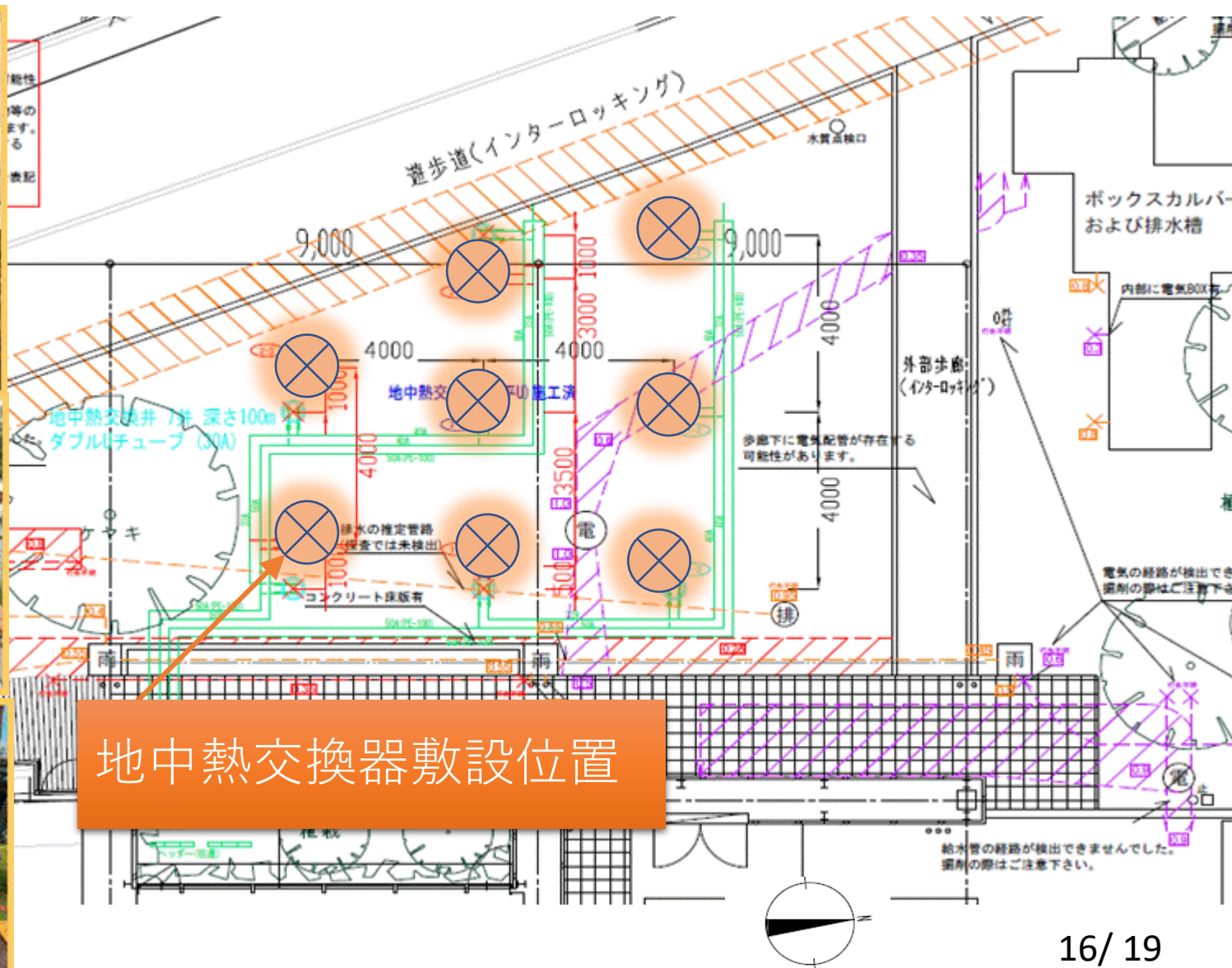
④再エネ熱利用システムの最適運転制御技術

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。



5. 実施内容(2021年度)

③実建物(豊田自動織機大府工場)における運転性能の実態検証



5. 実施内容(2021年度)

③実建物(豊田自動織機大府工場)における運転性能の実態検証



①SSHP(天空熱源HP)



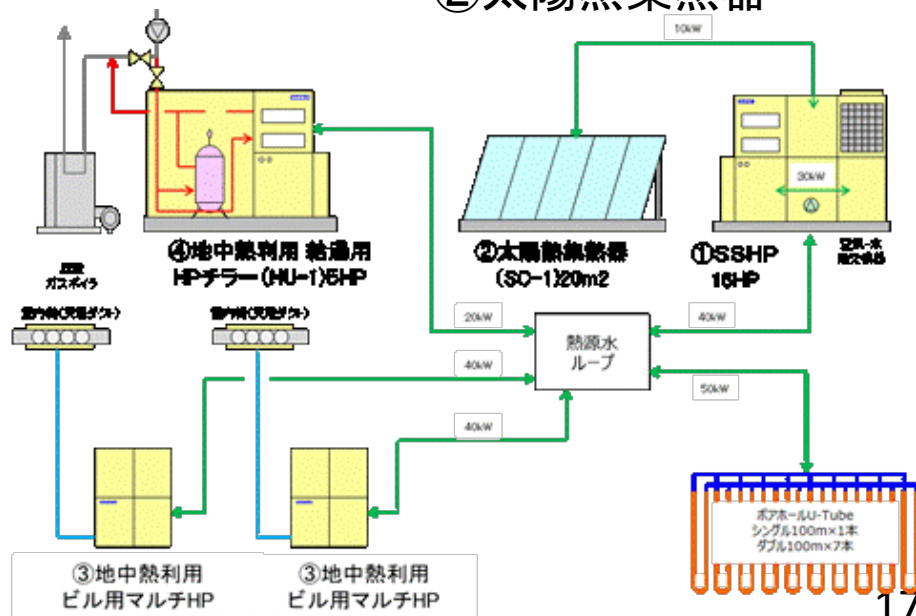
②太陽熱集熱器



③ビル用マルチHP



④給湯HPチラー



6. 今後の予定と技術課題

6. 1 2021年度予定

- 2021年度8月に完成した、SSHP大府実証システムを対象に、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。
- 運転実績をもとにシミュレーションを行い、GHPの更新による省エネ効果、CO₂低減効果を検証。また、汎用型EHPとの比較を行う。
- 2021年度空気調和衛生工学会大会で2020年度成果を発表。

6. 2 技術課題

特に無し。

7.まとめ

研究開発項目	中間目標 (2021年度末)	最終目標 * 赤字は達成見込み (2023年度末)	成果
①再エネ熱利用システム設計手法の開発	構成機器をコンパクトに集約した「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。 順調に推移すれば成果は達成できる。	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	構成機器をコンパクトに集約した「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。	構成機器をコンパクトに集約した「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。 順調に推移すれば成果は達成できる。	2021年度8月に実建物(豊田自動織機大府工場)での実証装置が完成し、運転データを取得中。
④再エネ熱利用システムの最適運転制御技術	再生可能熱エネルギーを複合的に利用する最適制御手法を開発。	再生可能熱エネルギー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。