

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025

プログラムNo.1-2

再生可能エネルギー熱の面的利用システム構築に向けた技術
開発/再エネ熱利用システムに資する要素技術開発/

再生可能エネルギー熱の面的利用を低コスト化・ 高効率化させる熱源水ネットワーク配管・制御 システムの開発

発表：2025年7月17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 中村 靖

*団体名 日鉄エンジニアリング（株） （国）北海道大学

問い合わせ先 日鉄エンジニアリング（株） E-mail: nakamura.yasushi.9zs@eng.nipponsteel.com

TEL: 090-4943-8829

発表内容

1. 研究開発の背景・目的・内容
2. 研究開発項目・目標
3. 研究開発の進捗・成果
4. 研究開発の今後の予定(まとめ)

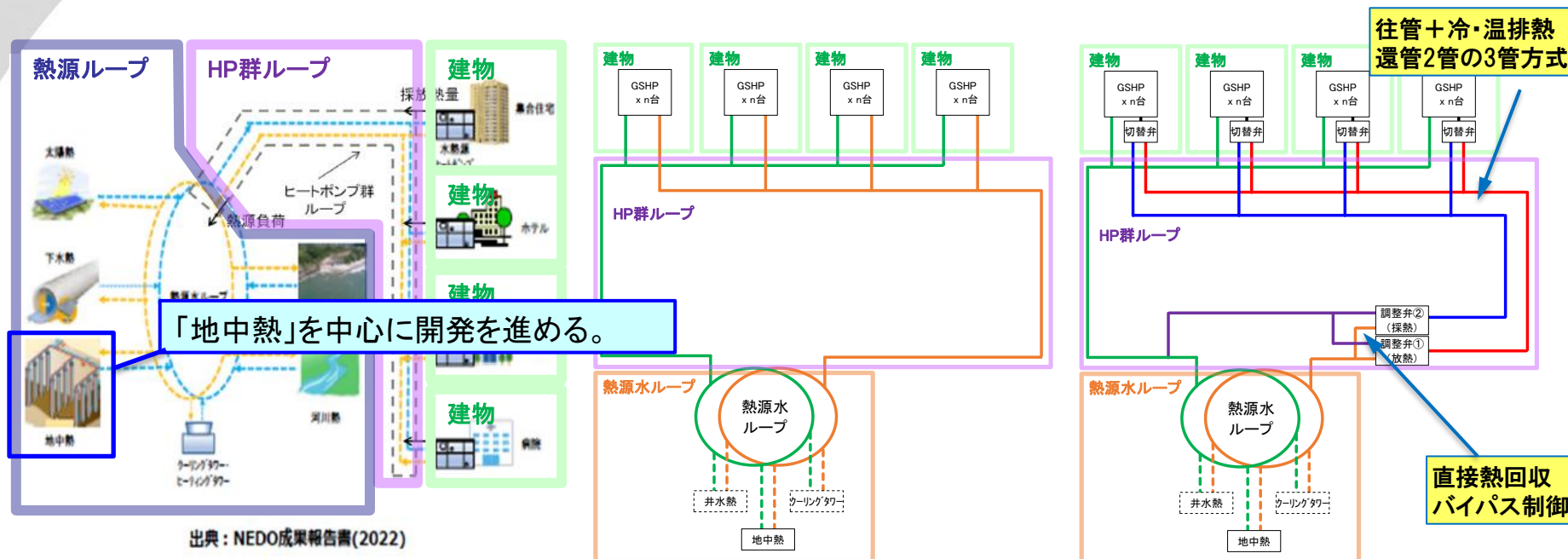
1. 研究開発の背景・目的・内容

1.1 研究開発の背景・目的

再エネ熱面的利用 = スケールメリット、負荷平準化メリット ⇒ 再エネ熱の導入促進

複数建物で冷温熱需要が併存する場合 ⇒ 冷温排熱相互回収を効果的に行えばさらに
メリットが増す

⇒ ヒートポンプ群ループに新たな **配管方法** と **制御** を加えることにより
「再エネ熱源の低コスト化と運用の効率化」に寄与する新たな
「再エネ熱源水ネットワーク配管・制御システム」を開発する



出典：NEDO成果報告書(2022)

熱源水ネットワーク方式

熱源水往管・還管2管方式

HR-3P(Heat Recovery 3 Pipe)方式

1. 研究開発の背景・目的・内容

1.2 研究開発の内容(課題など)

HR-3Pシステム設計手法と制御方法開発の繋がり

HR-3Pシステム設計フロー

設計手法の重点課題

①面的利用建物の選定

②連結方法ネットワーク配管経路の決定

ポイント(1)熱源

③面的利用

全てのH

④GSHP熱源

ポイント(2)地

⑤熱源の合

熱源水温
度に依存

熱源供給
熱量 > 熱
源負荷

N

Y

⑦導入効果等定量評価設計手法の確立

フローで常に温度と流量変化を計算

冬期のある時刻の運転状態 (一例)



HR-3Pシステム設計

設計思想の反映
設計シミュレーションによる制御
パラメータ等の決定

残置する制御誤差等、
制御試験結果のフィードバック

HR-3Pシステム制御
フィールド試験

制御方法の重点課題

括調整弁制御)

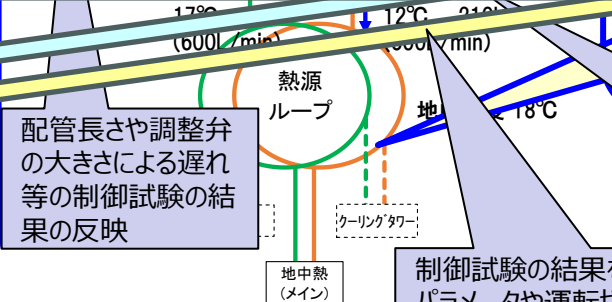
べ、小さい方は
は小さい方と
量を熱源ループ
流量と温度、
御

熱源の運転制御

...熱源ループ出口温度、熱源水循環流量、ヒートポンプ性能特性、井水熱ポンプ消費電力特性等をもとに併用熱源・補助熱源の運転を制御

設計試算結果に基づく運転制御パラメータや運転切替方法等の仮定

制御試験の結果を踏まえた運転制御パラメータや運転切替方法等の見直し



発表内容

1. 研究開発の背景・目的・内容
2. 研究開発項目・目標
3. 研究開発の進捗・成果
4. 研究開発の今後の予定(まとめ)

2. 研究開発項目・目標

研究開発項目	目標(具体的、数値、設定条件) ※丸付き番号等はスライド4と同じ
(1)HR-3Pシステムの設計手法の開発	・②ヒートポンプ群及びモジュールの連結方法の確立(中間)、見直し・方法確立(最終) ・④熱源負荷把握のための③建物熱負荷情報受取方法の確立(中間)、見直し・方法確立(最終) ・配管経路決定方法と配管熱損失・取得計算方法の検討事項抽出(中間)、方法確立(最終) ・⑤再エネ主熱源(GHEx)と⑥補助熱源との負荷分配・容量決定等の設計手法を確立(中間)、見直しおよび併用熱源を含めた設計手法の確立(最終) ・⑦種々の条件が異なる場合において、その条件毎に熱源容量・削減率等を定量評価できる設計手法を確立(最終)
(2)HR-3Pシステムの制御方法の開発とHR-3Pシステムフィールド試験による制御の実証	・フィールド試験装置を構築(中間) ・基本システムの(a)直接熱回収制御の制御動作試験を行い、タイムラグや連結などによるハンチングや誤動作等の課題を抽出した上でこれを概ね解消し、制御方法の最適化を行い(中間)、連結システムの制御動作試験、実証試験を通じて実用的な制御方法を確立(最終) ・(b)補助熱源を優先的に設計手法案に基づく制御試験方法を確立し、制御動作試験を実施し、制御方法の最適化を行い(中間)、さらに併用熱源の制御動作試験を実施し、熱源水温度維持や追従性等について最適化を行った上で、実証試験を通じて実用的な制御方法を確立(最終) ・(c)長期運転の実証試験を行い、長期間のHR-3Pシステム全体の連携制御動作とともにその省エネ性能を検証し、その結果を設計手法にフィードバックすることにより⑦の定量評価・設計手法を再現し得る実用的な制御方法を確立(最終) ・通常予測できている構成機器・熱源の特性とは異なる限界特性を想定し、非常時に対する過剰なバックアップ設備を最小化することを目的とした極限試験を実施(最終)

※設計手法を一旦確立し、その仮定に基づく制御試験・実証試験の結果に依り設計手法・制御方法を最終的に確立する

発表内容

1. 研究開発の背景・目的・内容
2. 研究開発項目・目標
3. 研究開発の進捗・成果
4. 研究開発の今後の予定(まとめ)

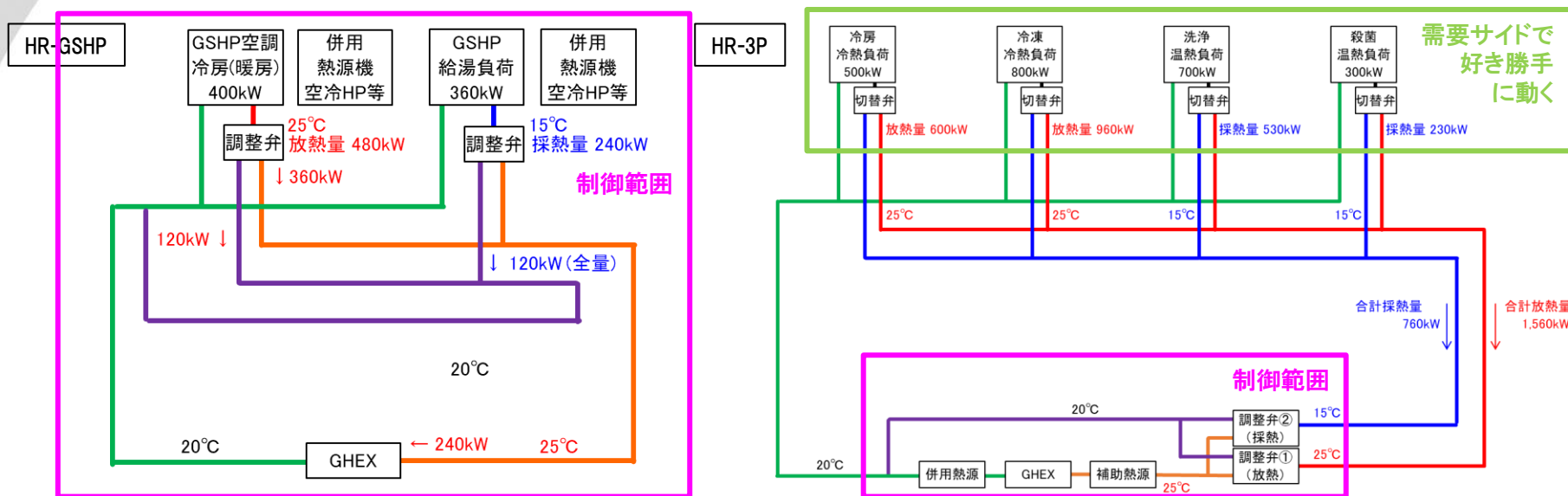
3. 研究開発の進捗・成果

研究開発項目	担当	2024				2025				2026				2027				2028			
		1 Q	2 Q	3 Q	4 Q	1 Q	2 Q	3 Q	4 Q	1 Q	2 Q	3 Q	4 Q	1 Q	2 Q	3 Q	4 Q	1 Q	2 Q	3 Q	4 Q
(1)HR-3Pシステムの設計手法の開発																					
1)GSHP熱源負荷把握および予測法の確立																					
2)HR-3Pシステムを構成するHP群および モジュール連結方法の確立																					
3)拡張・広域化に対する設計手法の確立																					
4)補助熱源を含めたHR-3Pシステムの 熱源容量決定手法の確立																					
5)HR-3Pシステムの導入効果評価方法の確立																					
(2)HR-3Pシステムの制御方法の確立とフィールド試験による制御の実証																					
1)フィールド試験装置の構築																					
2)HR-3P基本システムにおける 制御動作基礎試験による制御方法の最適化																					
3)HR-3Pモジュール連結システムにおける 制御動作基礎試験による制御方法の最適化																					
4)HR-3Pシステムに導入する補助熱源の 制御動作基礎試験による制御方法の確立																					
5)HR-3Pシステムにおけるフィールド実証試験																					

3. 研究開発の進捗・成果 3.1 2024年度の成果／課題1（制御）

【課題の明確化】HR-GSHPとHR-3Pの相違点＝開発要素／熱源機分散対応の末端一括制御

- HR-GSHPは機械室等に集中設置されたヒートポンプが対象で全てのヒートポンプや調整弁類を制御下に置く。
 - HR-3Pは分散設置されたヒートポンプが対象でその制御には関わらず、**末端一括の調整弁と地中熱源部分のみを制御下**に置く。
 - HR-GSHPに比べ、制御コストは抑制できるが制御精度は落ちる
 - 負荷発生点と制御箇所が離れているためタイムラグがあり、誤差の問題が生じ得る。
- ⇒制御動作試験を実施し、ハンチングや誤動作、制御精度の問題を無くしていく。



注) HR-GSHP (Heat Recovery GSHP : 熱回収併用地中熱ヒートポンプ : 前々回再エネ熱利用開発事業で基礎技術を開発済み

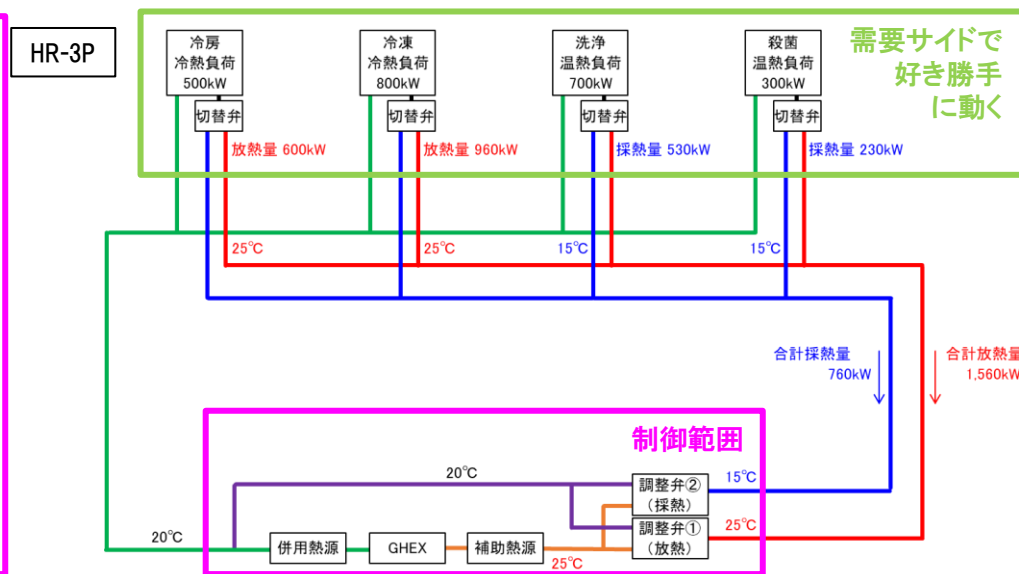
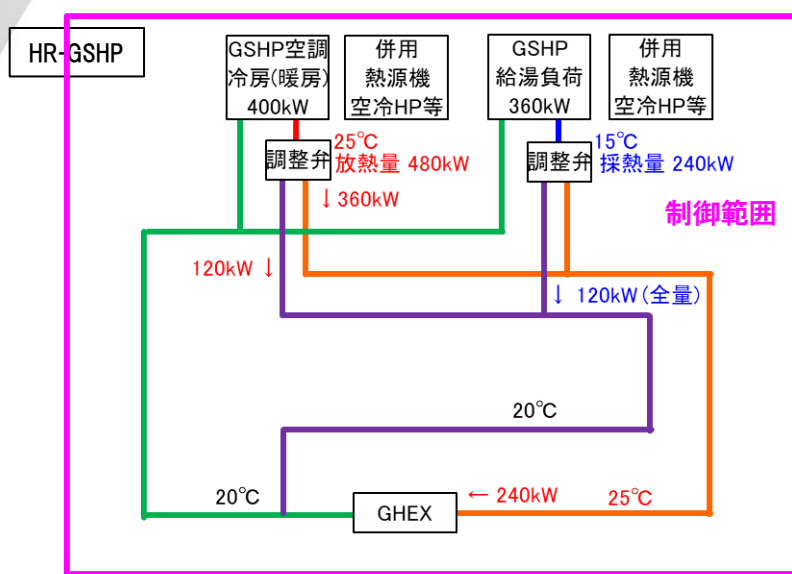
3. 研究開発の進捗・成果 3.2 2024年度の成果／課題2（制御）

【課題の明確化】HR-GSHPとHR-3Pの相違点＝開発要素／地中側での採放熱量バランス化制御

- HR-GSHPは空冷HPなどを併用し、GSHPには地中への採放熱がバランスする分だけの空調負荷を負擔させる。
- HR-3PはGSHPから冷温排熱(採放熱)がアンバランスなまま地中側に送られるため、地中側で採放熱バランスが取れるように冷却塔などの補助熱源、井水などの併用熱源を備え、これらの運転制御の最適化が必要である。

⇒補助熱源(冷却塔・温熱蓄熱槽等)制御の最適化…発停パラメータの選択と最適化

⇒併用熱源(井水熱)制御の最適化…主熱源との運転配分(切替タイミング)・逐次の高効率熱源選択の最適化等



3. 研究開発の進捗・予定 3.3 2024年度の成果／進捗

室内負荷処理HP 4台・合計能力

冷房能力 22.0kW

放熱量 25.9kW

暖房能力 18.0kW

採熱量 15.3kW

熱源機器 (HP)

模擬負荷処理HP

冷房能力 26.5kW

放熱量 33.1kW

暖房能力 31.3kW

採熱量 23.2kW

熱源水／ヒートポンプ群ループ

熱源水／熱源ループ

熱源ループ

主熱源: 地中熱ホール100m x 2本

補助熱源: 冷却塔 45kW

太陽熱タノク 10kW 想定

併用熱源: 井水 30kW 想定

フィールド試験設備熱源フロー図

再エネ熱源

補助熱源

発表内容

1. 研究開発の背景・目的・内容
2. 研究開発項目・目標
3. 研究開発の進捗・成果
4. 研究開発の今後の予定(まとめ)

4. 研究開発の今後の予定(まとめ) / 2025年度の実施内容／見通し

(1)「HR-3P システムの設計手法の開発」

- ・HR-3P システムを構成する②ヒートポンプ群及びモジュールの連結方法の確立
⇒ヒートポンプ群およびダブルループまでの連結方法の確立・見通し
- ・ネットワーク設計条件となる④GSHP 熱源負荷把握のための③建物側熱負荷情報受取方法の確立
⇒方法の確立・見通し
- ・ネットワーク配管の経路決定方法とネットワーク配管における熱損失・熱取得計算方法確立
⇒必要検討事項の抽出完了
- ・⑤再エネ主熱源(GHEX)に⑥補助熱源や併用熱源を含めた負荷分配と容量決定手法の確立
⇒補助熱源については、想定している運転方法を基に設計手法の確立、併用熱源については設計手法の具体的な検討の開始

(2)「HR-3P システムの制御方法の開発とHR-3P システムフィールド試験による制御の実証」

- ・HR-3P システムフィールド試験装置の構築
⇒完了
- ・HR-3Pシステム基本システムの(a)直接熱回収制御の制御動作基礎試験の実施
⇒ハンチング・誤動作等の課題を抽出した上でこれを解消し、誤差10%以下の制御精度の達成・見通し
- ・(b)補助熱源や併用熱源の制御動作基礎試験の実施準備
⇒補助熱源を優先的に設計手法案に基づく制御試験方法を決定、併用熱源については制御試験方法の具体的な検討の開始

終わり