

2024年度NEDO再生可能エネルギー部成果報告会 プログラムNo.13

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/
地中熱利用システムの低コスト化技術開発/
給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒート
ポンプシステムの研究開発

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 大久保 博晃

*団体名 (株)ワイビーエム, 昭和鉄工 (株), (国研)産業技術総合研究所, (国)佐賀大学
問い合わせ先 株式会社ワイビーエム E-mail: hookubo@ybm.jp TEL: 0955-64-3881

1. 目的

2,000m²の給湯需要がある建築物への導入において、従来の地中熱利用ヒートポンプシステムと比べて、2023年度に20%以上のイニシャルコスト削減、2030年度に30%以上の削減を目標として、4個の課題(地中熱用のエコキュートが無い、地中熱交換器設置コストが高い、調査にお金がかかる、一次側の配管工事にお金がかかる)を解決することを目的としている。

2. 期間

2019年7月～2024年3月

3. 目標 (中間・最終)

地中熱利用システムのイニシャルコストを2023年に24%、2030年に31%削減すること

4. 成果・進捗概要

上記の目標を達成するために、以下の6項目の研究開発を実施している。

- (1)掘削機の開発・・・掘削機、ポンプ、水タンク等の情報をモニタリングし、リモコン操作で一人施工が出来る機械を開発した。
- (2)掘削機周辺機器の開発・・・二重管のロッドチェンジャー、地中熱交換器の挿入機で一人施工が出来る機械を開発した。
- (3)地中熱自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機の開発・・・性能試験を完了し、モニター試験を実施した。
- (4)地中熱交換器の開発・・・同軸型地中熱交換器を開発し、地中熱交換能力試験を行った。
- (5)新規TRTの開発・・・地質調査後の穴を用いたTRTについて、複数の場所で試験を行い、解析方法を開発した。
- (6)最適な地中熱システムの開発・・・地中熱交換井離隔距離の検討を行った。地中熱自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機を設置し、様々な条件下での実証試験を行った。また、2,000m²の老健施設へ導入するシステムの検討を行った。

研究開発目標および研究開発内容イメージ

2,000m²の給湯需要がある建築物への導入にて、従来の地中熱利用ヒートポンプシステムと比べて、2023年度に20%以上のイニシャルコスト削減、2030年度に30%以上の削減を目標とする。

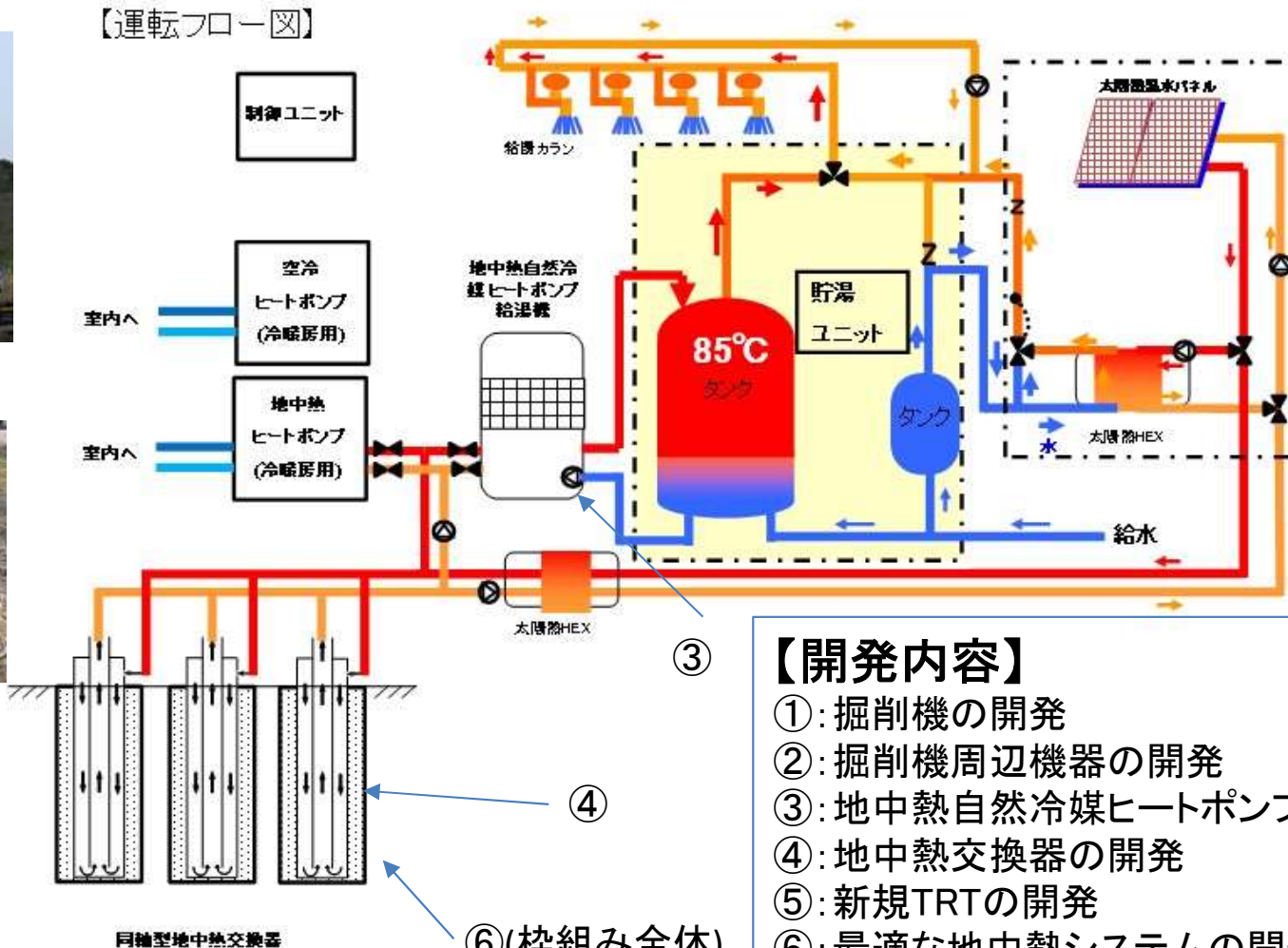


①、②



⑤

【運転フロー図】



【開発内容】

- ①: 掘削機の開発
- ②: 掘削機周辺機器の開発
- ③: 地中熱自然冷媒ヒートポンプ給湯機の開発
- ④: 地中熱交換器の開発
- ⑤: 新規TRTの開発
- ⑥: 最適な地中熱システムの開発

研究開発項目・目標・内容・成果

開発項目	目標	開発内容	開発成果
(1)掘削機の開発	一人で地中熱交換井を施工する	掘削機、ポンプをリモコン操作。掘削、ポンプ、水タンク等の情報をモニタリング	1人で地中熱交換井を施工出来た。
(2)掘削機周辺機器の開発	一人で地中熱交換井を施工する	二重管ロッドのロッドチェンジャーの開発。地中熱交換器の挿入機の開発	1人で地中熱交換井を施工出来た。
(3)地中熱CO ₂ ヒートポンプ給湯機の開発	空気熱源CO ₂ ヒートポンプ給湯機に比べて15%の削減	地中熱エコキュートの開発	空気熱源HPに比べ18.4%削減できた。
(4)地中熱交換器の開発	地中熱交換器の費用の削減	同軸型地中熱交換器の開発	ダブルUチューブの1.09倍の熱交換能力があると推定。設置費用は、地中熱交換器の費用が高いため、削減されず。
(5)新規TRTの開発	現状のTRTの解析結果と同様に設計に使えるようにする	2種類のTRTを開発し、実証試験を重ねてデータを提示	2種類のTRTを検討し、1種類の方法では、現状のTRTの解析結果と同等の結果が得られた。
(6)最適な地中熱システムの開発	2023年度にイニシャルコストを20%削減したシステムを開発する	地中熱交換井同士の離隔距離の研究開発、最適な地中熱システムの導入検討	給湯を併用することにより地中熱交換井本数が削減される可能性を示した。 空調と給湯を別々の地中熱交換井で行う従来システムと比較すると、トータルコスト76%削減となった。

(1)掘削機および(2)掘削機周辺機器の開発 地中熱交換器設置の流れ

従来

2~3
人で
施工

掘削機械、資材の搬入



二重管にて掘削



インナーロッド抜管



地中熱交換器挿入



珪砂投入
アウターロッド抜管



掘削機械、資材の搬出

開発機械

1人で
施工

掘削機材、資材の搬入、搬出について



掘削には、掘削機、ロッドストッカー、ロッド、水タンク、ポンプ、発電機、地中熱交換器挿入機のリール等のセッティングが必要となる。

今回の実証試験ではすべての作業を1人でしたわけではないが、ほぼ1人で作業できると考えられる。

理由としては、掘削機の動作をリモコンにしたことで、2人でしていた掘削ポイントの位置だしを、1人で出来るようになったためである。

二重管方式での掘削について

従来機

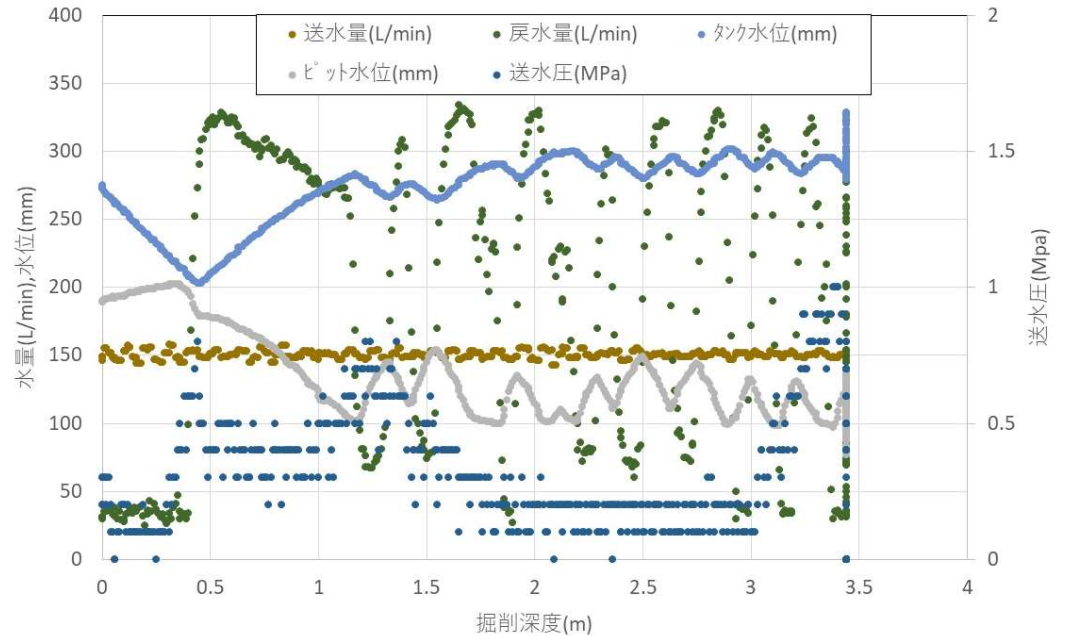
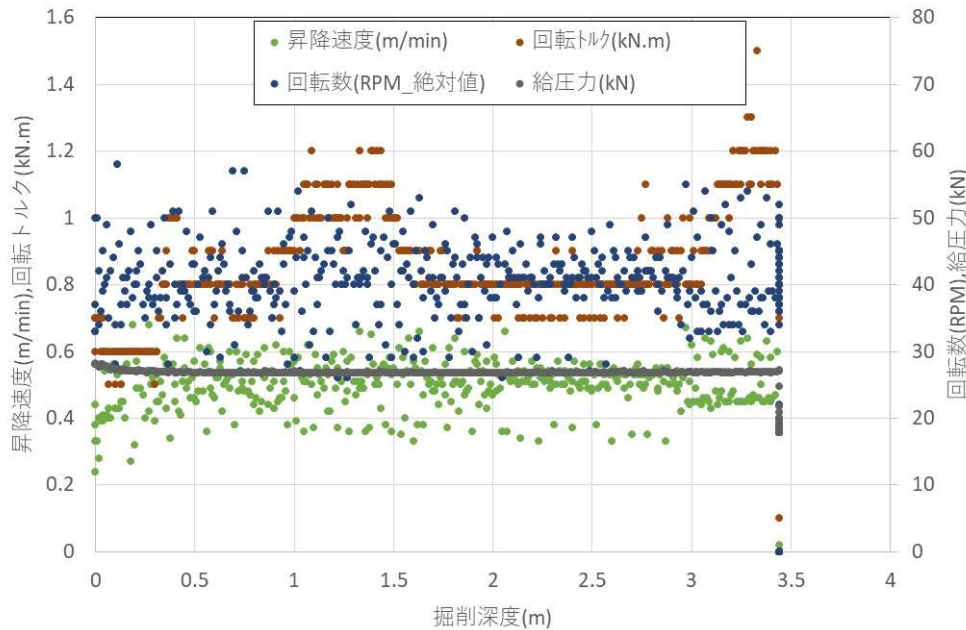
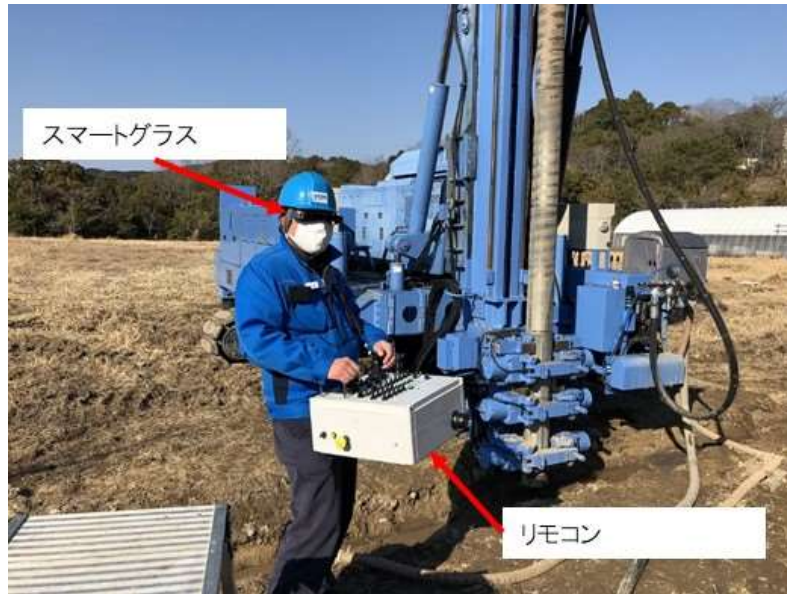


開発機



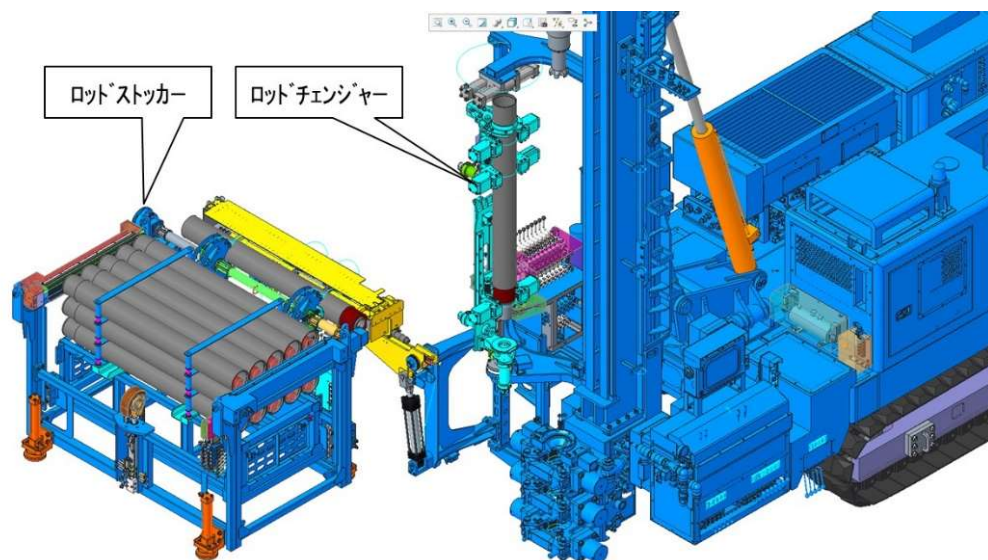
- 無線リモコンを使うことで、坑口、掘削ザク、泥水の確認が容易になった。見やすい場所でロッドの脱着を確認できるようになった。
 - 掘削一定速モードで異常がない時には、オペレータが掘削操作に専念する必要がなくなった。
 - スマートグラスで掘削時の状況が確認できた。また、異常時には赤く表示されるため対応が直ぐ可能となった。
 - 3連クランプにしたことで、ロッドねじ切りボタンで、誰でもロッドのねじ切りが可能となった。これにより、閉めすぎによるねじの摩耗の減少やロッドの脱落の可能性が減った。
- また、人が正面からリモコンでねじ切りをした場合は105秒かかるが、ねじ切りボタンの場合は92秒で時間短縮となった。

掘削実験



掘削時の掘削深度、水位、水量などのデータや機械に関する回転数などのデータを取得出来た。また、そのデータを用いてサンドポンプのon,offなどの制御が可能となった。

ロッドチェンジャーについて



二重管掘削方式に対応するためにアウターロッド、インナーロッドそれぞれを接続できる仕組みを持つロッドチェンジャー、ロッドストッカーを開発した。

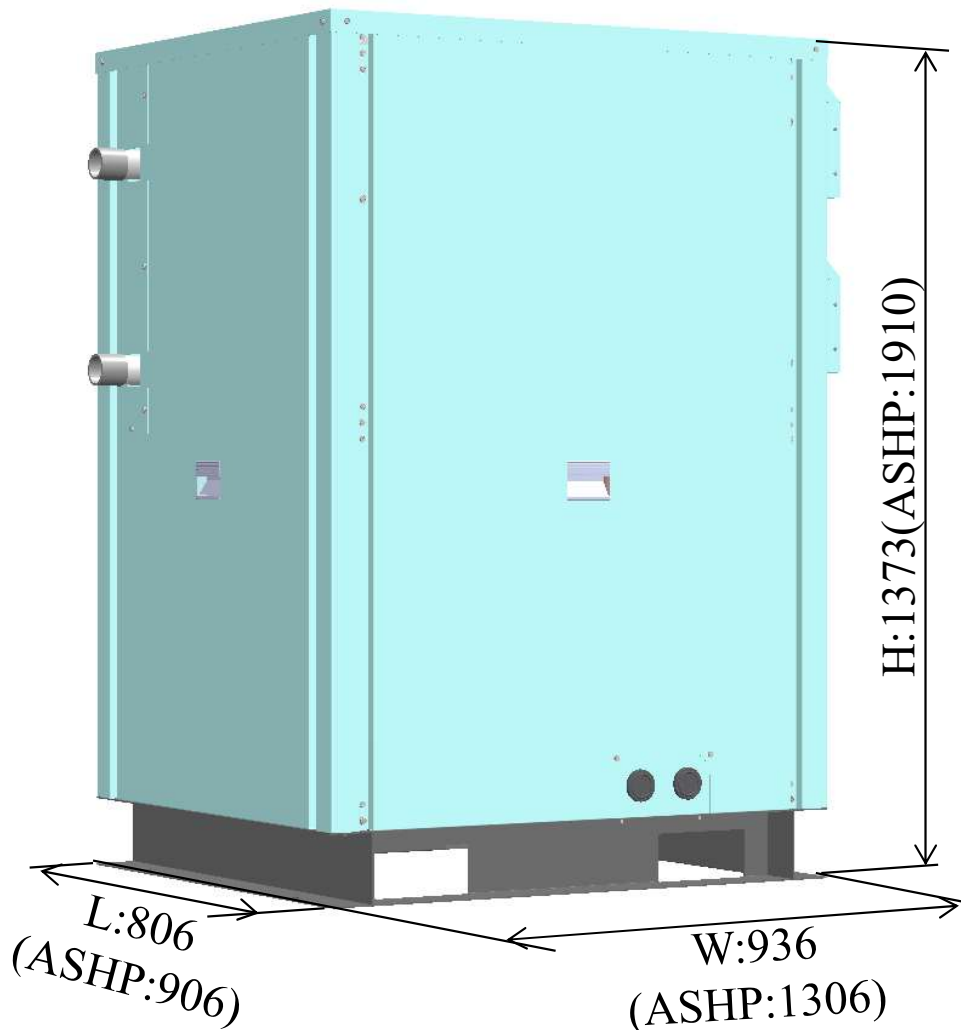
ロッドは、ロッドストッカーにセットしそのロッドをロッドチェンジャーに移動して、掘削機のロッドと接続する。

掘削時の二重管の継ぎ足し、インナーロッドの引抜き、アウターロッドの引抜きを1人で行えた。

(3) 地中熱CO₂ヒートポンプ給湯機の開発

- 安価な地中熱CO₂ヒートポンプ給湯機（GSHP給湯機）を開発する。
- 地中熱に特化した設計を行うことにより年間加熱COPの優位性を図り、イニシャル回収年数短縮を目指す。

外観



設置面積はASHP給湯機比35%縮小

性能試験結果				
出湯温度 [°C]	標準：65			
熱源水温度 [°C]	15			
条件	着霜期	冬期	中間期	夏期
給水温度 [°C]	5	9	17	24
加熱能力[kW]	31.2	30.8	29.1	26.3
消費電力[kW]	7.62	7.55	7.56	7.46
加熱COP	4.1	4.1	3.8	3.5
年間加熱効率(一般地)	3.8(ASHP:3.9)			
出湯温度 [°C]	高温：80			
熱源水温度 [°C]	15			
条件	着霜期	冬期	中間期	夏期
給水温度 [°C]	5	9	17	24
加熱能力[kW]	31.4	30.6	29.3	27.2
消費電力[kW]	8.93	8.73	8.70	8.59
加熱COP	3.5	3.5	3.4	3.2
年間加熱効率(一般地)	3.3(ASHP:3.4)			

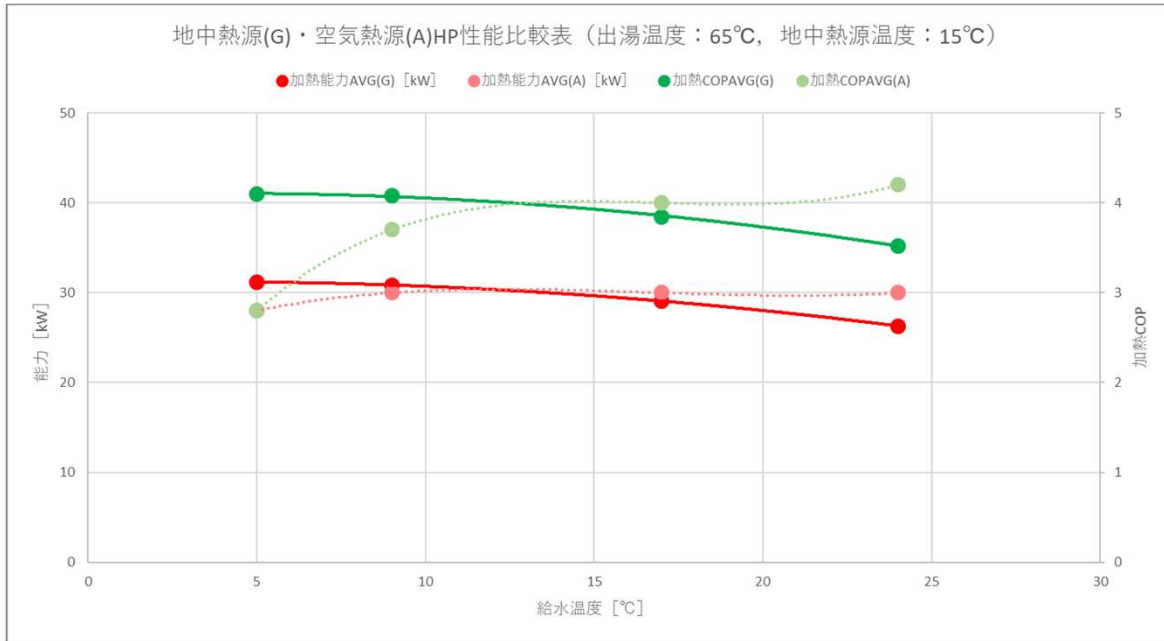
※地中熱採熱用循環ポンプの消費電力は除く。
 ※試験条件はJRA 4060:2018(水熱源)による。

GSHP給湯機仕様

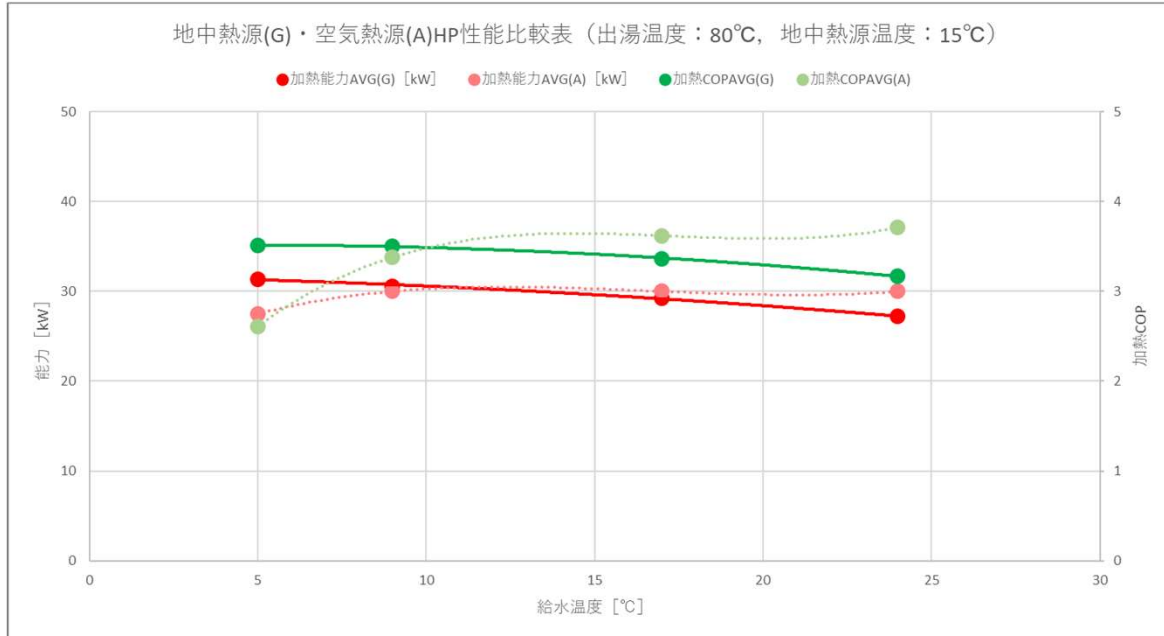
保証設置環境		屋外	
電源		3Φ200V (50/60Hz)	
ヒートポンプ装置	圧縮機呼称出力		7.5kW
	冷却用熱交換器 (蒸発器)		SUS316製銅ブレイジングプレート熱交換器
	冷却用冷媒制御装置		電子膨張弁
	冷媒	種類	R744 (CO ₂) ODP:0 GWP:1 (有資格者点検不要)
		封入量	3.7kg
	過負荷保護装置		自動復帰型 (13.5 ± 0.5MPa)
	設計圧力		高圧: 14.0MPa 低圧: 8.5MPa
	安全装置		過負荷保護、温度上昇保護、圧力保護、凍結保護
	加熱用熱交換器 (ガス冷却器)		SUS316製銅ブレイジングプレート熱交換器
最大電流		35A	
性能	65°C沸き上げ 加熱能力/冷却能力/消費電力	夏期	26.3kW / 18.5kW / 7.46kW
		中間期	29.1kW / 21.3kW / 7.56kW
		冬期	30.8kW / 23.2kW / 7.55kW
		着霜期	31.2kW / 23.5kW / 7.62kW
	80°C沸き上げ 加熱能力/冷却能力/消費電力	夏期	27.2kW / 18.6kW / 8.59kW
		中間期	29.3kW / 20.6kW / 8.70kW
		冬期	30.6kW / 22.1kW / 8.73kW
		着霜期	31.4kW / 22.7W / 8.93kW
年間加熱効率 一般地/寒冷地		3.8 / 3.9	
運転保証外気温度		-15°C ~ 40°C	
外形寸法	騒音		73dB
	高さ		1373mm
	幅		936mm + 63mm (配管接続長さ) + 82mm (ダクト長さ)
	奥行		806mm + 34mm (配管接続長さ)
乾燥質量 (運転質量)		未測定	
配管口径		加熱側: Rc3/4 (20A配管) 冷却側: Rc1 1/4 (32A配管)	
水側最高使用圧力		0.5MPa	
ケーシング		ガルバリウム鋼板	
法定冷凍能力		2.4t (届出不要)	

※地中熱採熱用循環ポンプの消費電力は除く。

GSHP給湯機仕様(地中熱源と空気熱源の比較)



ASHP給湯機
[SSHP-30B]



GSHP給湯機



※地中熱採熱用循環ポンプの消費電力は除く。
※試験条件はJRA 4060:2018による。

⇒ASHP給湯機と比較し冬期の性能低下がない

(6)最適な地中熱ヒートポンプシステムの検討

(課題) 関東以西における空調負荷は冷房過多であり、地中熱利用では地中温度が上がり続ける。

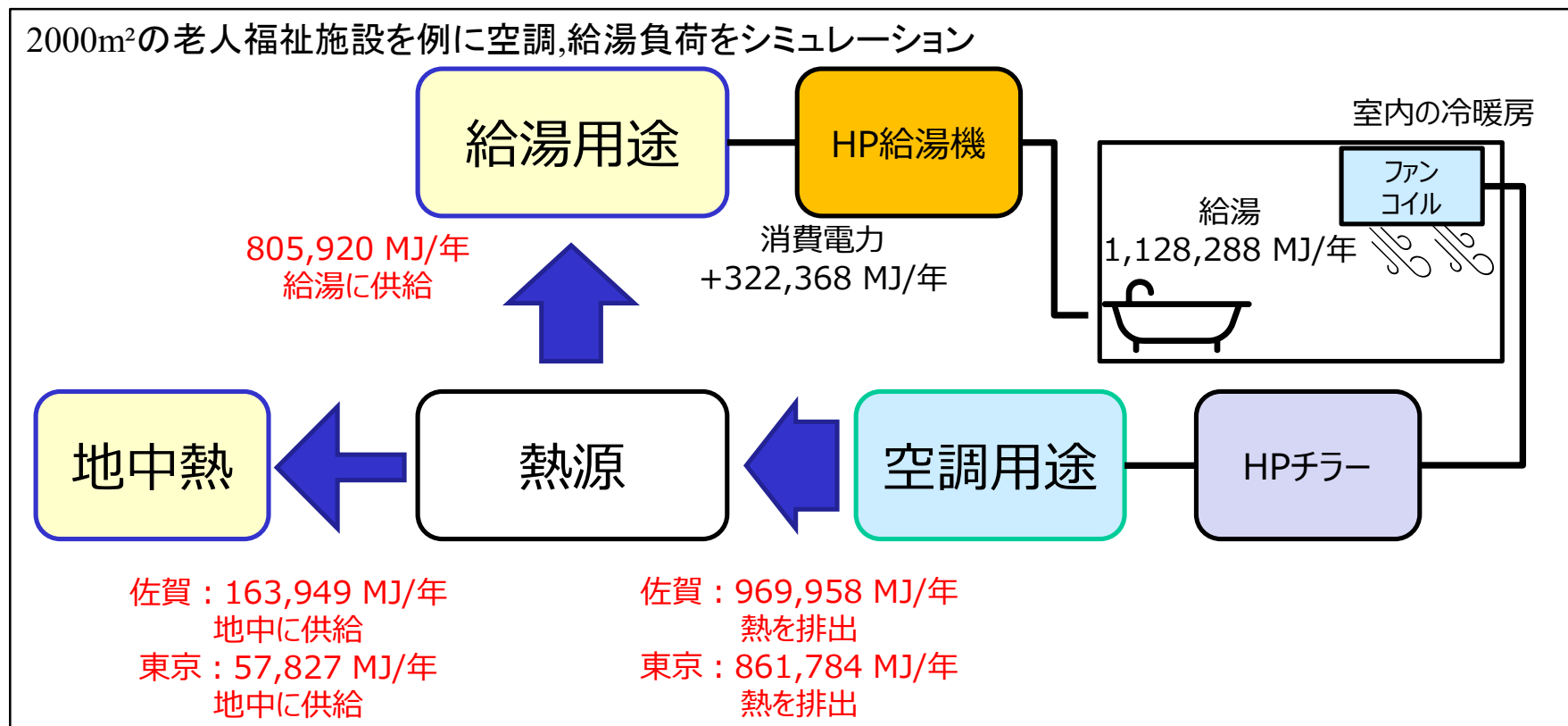


(手段) 冷房時の地中への廃熱を給湯へ利用する。
(同じ地中熱交換井群で空調と給湯を併用して利用する)

(利点) 地中の熱バランスが取れ、地中温度の上昇を抑えることができる。
空調と給湯の地中熱交換器を共用することで掘削費用を低減できる。

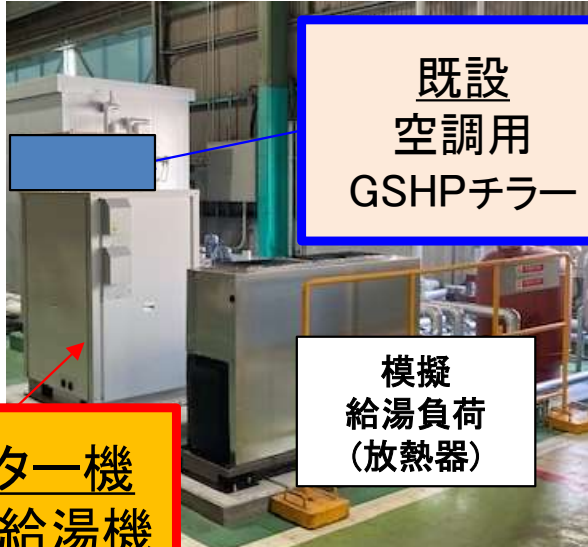


GSHPシステム(空調)が運用されている施設にGSHP給湯機を追設し、モニター試験を実施する。



モニター試験のシステム概要

(株)YBM岸山工場
モニター試験設備



地中熱源水配管
給湯配管
空調冷温水配管



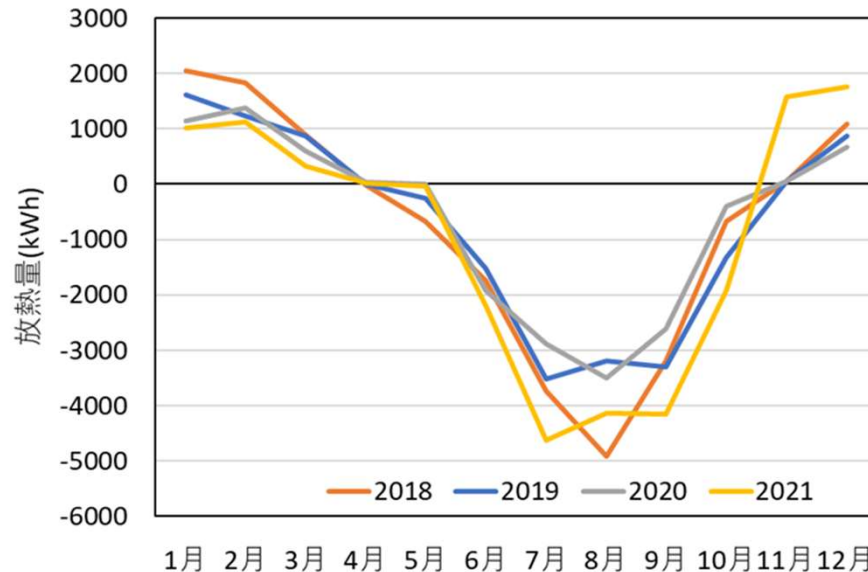
比較用
ASHP給湯機



ワイビーエム岸山工場の敷地内にあるGSHPシステムの地中熱交換器へ追設して実証試験を開始。給湯負荷は模擬的に放熱器を用いた。

▶試験内容

- ①給湯機の比較(空気熱源or地中熱源)
- ②地中熱交換器の本数の比較(8本or4本)
- ③地中熱源水流路の比較(直列or並列)
- ④GSHP給湯機単体運転と空調用HPチラーとの同時運転



GSHPシステムの2次側負荷データ

モニター試験の結果(ヒートポンプの評価)

▶GSHP給湯機単体のモニター評価

- ・性能比較(夏期モニター条件：給水26℃→出湯80℃,地中温度20℃,外気温度22℃)
(冬期モニター条件：給水12℃→出湯80℃,地中温度16℃,外気温度4℃)

		GSHPモニター	GSHP社内	ASHPモニター
夏期	COP	3.1	3.2	3.6
	加熱能力	26.0kW	27.2kW	28.5kW
冬期	COP	3.5	3.5	2.7
	加熱能力	29.7kW	30.6kW	28.2kW

※モニター試験では模擬給湯負荷として工場内へ放熱するため,工場内室温までしか温度低下しない.

※ASHPモニターの冬期は除霜運転を含む.

▶得られた知見

- ・当初,採熱ポンプの流量制御は行わない方針であった.
→(結果)夏期は採熱量が過大となり低圧上限保護が働き運転が停止した.
→(対策)冷媒の目標低圧により,採熱ポンプの流量制御を実施した.

▶今後の課題

- ・長期間の運転による地中温度の変化の確認.

まとめ

2,000m²の給湯需要がある建築物への導入において、従来の地中熱利用ヒートポンプシステムと比べて、2023年度に20%以上のイニシャルコスト削減、2030年度に30%以上の削減を目標として、研究開発項目を6つに分けて地中熱利用ヒートポンプシステムを開発した。

それぞれの項目について開発した結果、個別目標については達成できた項目とできなかった項目があったが、全体目標については、佐賀地域で従来の地中熱ヒートポンプシステムを給湯需要がある福祉施設(2,000m²)へ導入する事例を検討し、イニシャルコストを23%削減すると推定された。

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPNP19006)の結果得られたものです。