

地中熱を用いた高効率冷房システムの 実例と今後の可能性

2012年 7月27日

九州大学工学研究院

藤井 光

講演内容

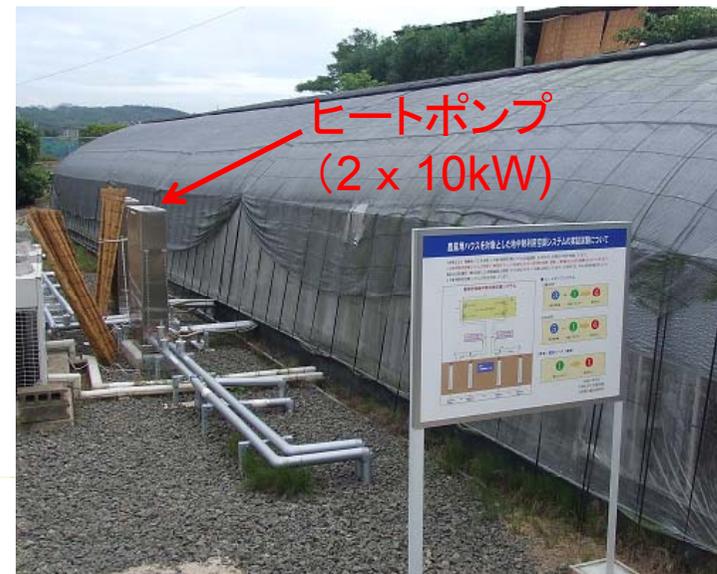
- 垂直型・水平型地中熱交換器を用いた農業用ハウス冷暖房
- 開放型システム(オープンループ)
- 湧水利用空調システム
- まとめ

九電-九大の地中熱利用に関する共同研究 (2007年～現在)

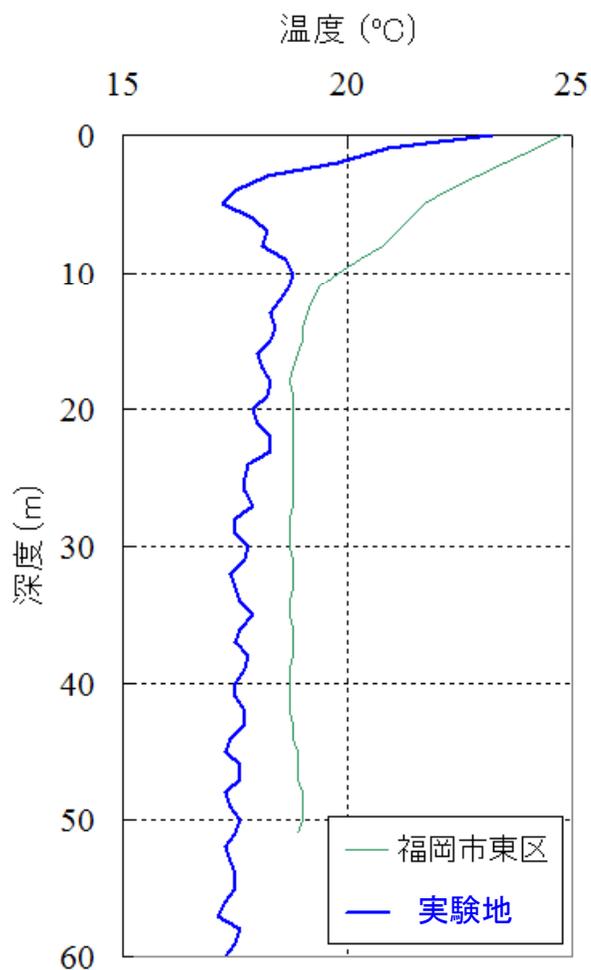


実証試験施設位置

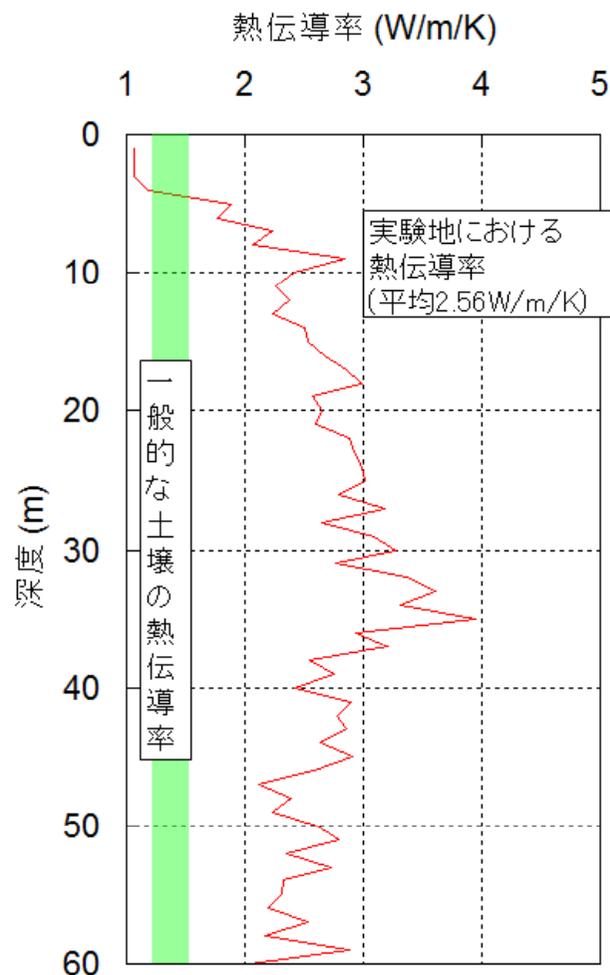
- 運転開始: 2007年7月
- 空調面積: 約110平方メートル
- 冷暖房能力: 20kW
- 地中熱交換井: 4 x 60m
- 目的: 胡蝶蘭の栽培



地盤情報

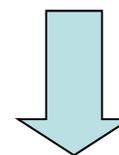


地中温度分布



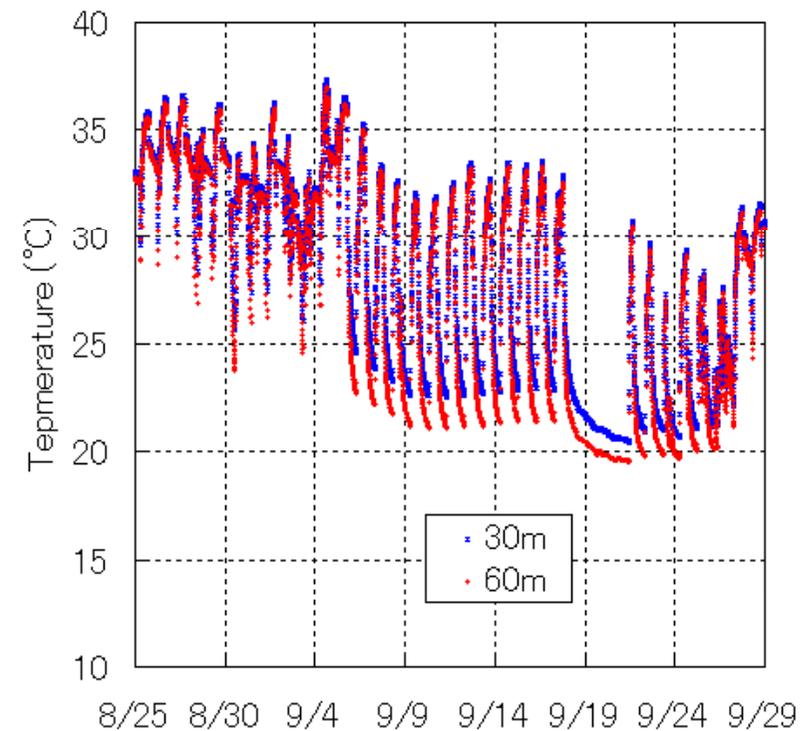
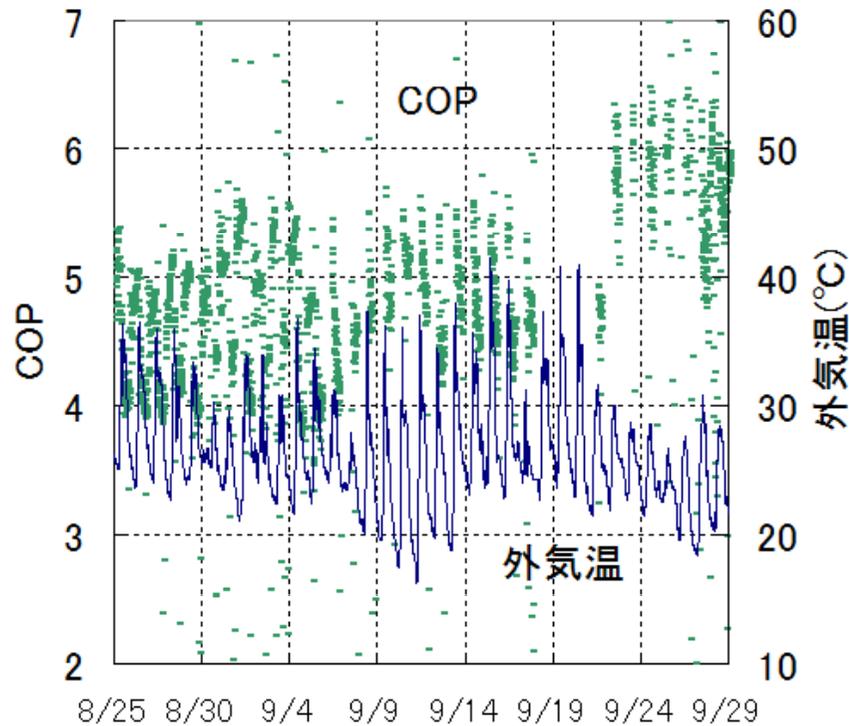
フィールド試験による熱伝導率推定結果

- 温度が福岡市内に比べて1~2°C低い。
- 熱伝導率が高い。



冷房利用に適した地域である。

冷房運転データ

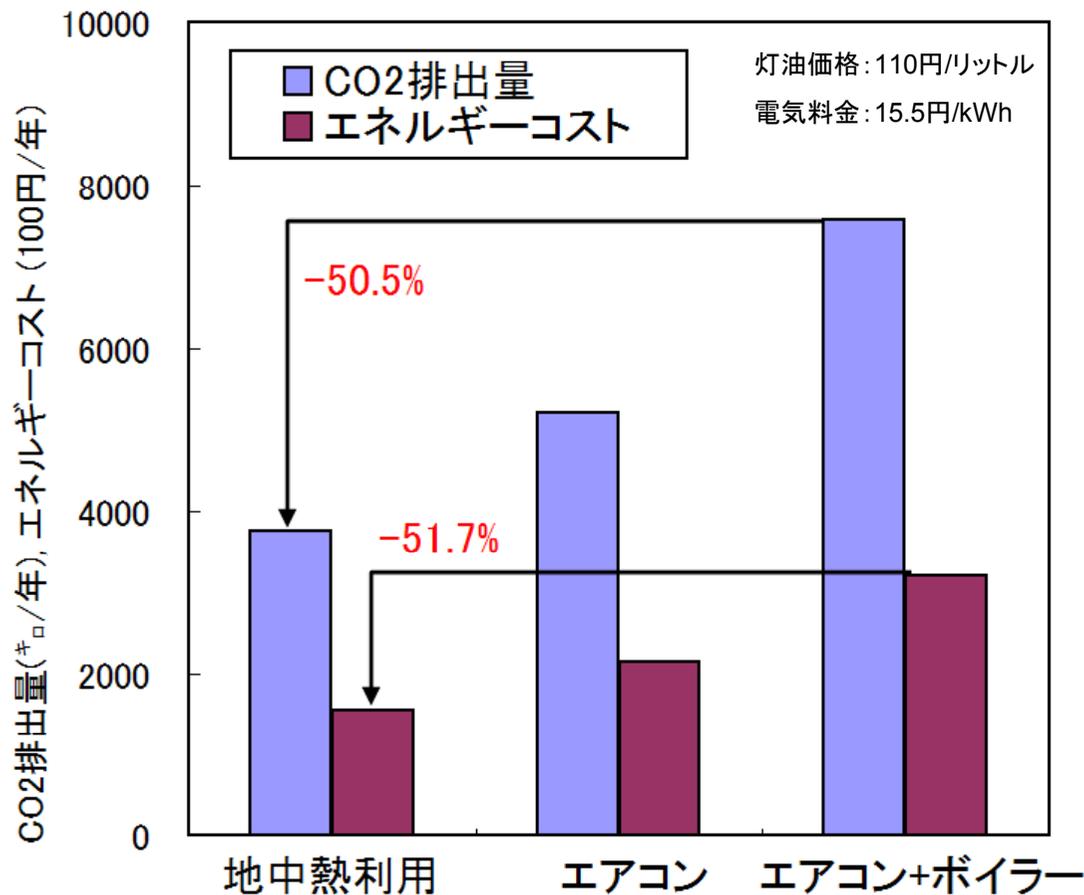


COPと外気温の測定値

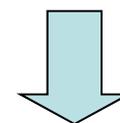
地中温度の変化

- COPは概ね4.0～6.0と良好であった。
- 熱伝導率の高い地盤への導入は有効である。

ハウス冷暖房における エネルギーコスト・CO₂排出量削減効果



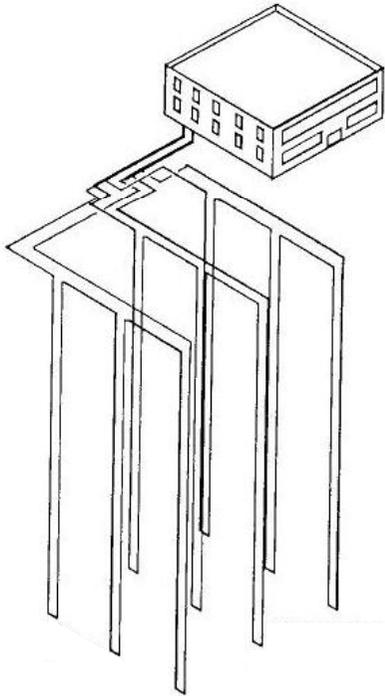
地中熱利用はCO₂排出量削減効果, エネルギーコスト削減効果が高い。



原油高における有望な空調システムとなりうる。

年間CO₂排出量とエネルギーコストの比較

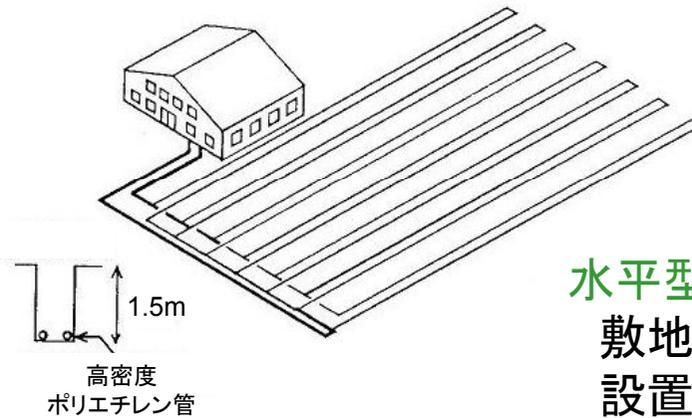
水平型地中熱交換器



垂直型

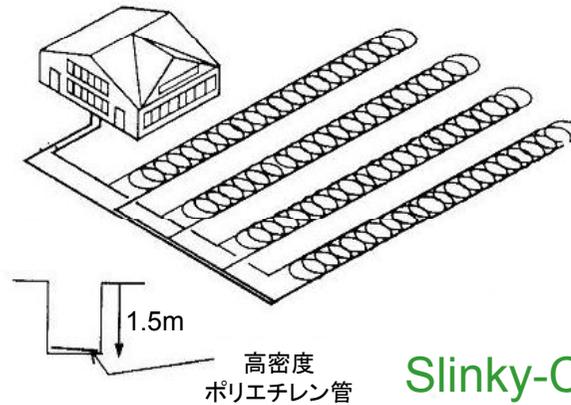
敷地が限られた**一般住宅**,
ビルなどにおいて有利

坑井掘削・仕上げ費が
高額である



水平型

敷地が豊富な**農地**や**工場**に適し,
設置費削減が可能。



Slinky-Coil式

水平型をさらに**低コスト化**可能

少ない初期投資
で設置可能

環境省地球温暖化対策技術開発等事業(H22-H23)

地中熱利用ヒートポンプシステムのイニシャルコスト低減と効率化に関する技術開発
構成メンバー: 三菱マテリアルテクノ(株), 九州電力(株), 九州大学

ヒートポンプ(P社製)



ビニールハウス(2次側)



水平型(コイル)熱交換器



水平型(直管)熱交換器



施工状況(コイル式2段型)



1. 掘削



2. 熱交換器設置(下段, GL-2.0m)



3. 下段熱交換器埋め戻し



6. 横引き配管状況

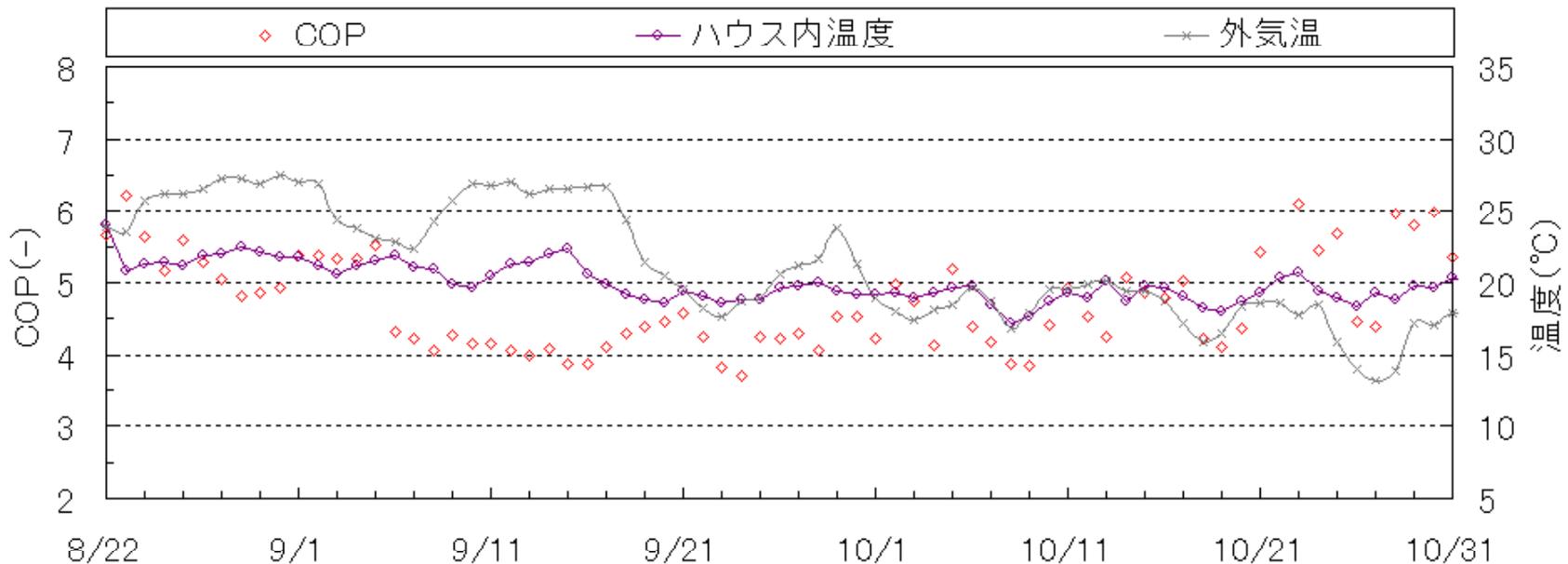


5. 上段熱交換器埋め戻し



4. 熱交換器設置(上段, GL-1.0m)

H23における運転状況(コイル型2段式)



コイル長さ

2 x 100m = 200m (パイプ長さ = コイル長さ x 5)

設置面積/空調面積

125m²/36m² = 3.5

設定温度

25°C(昼間), 18°C(夜間)

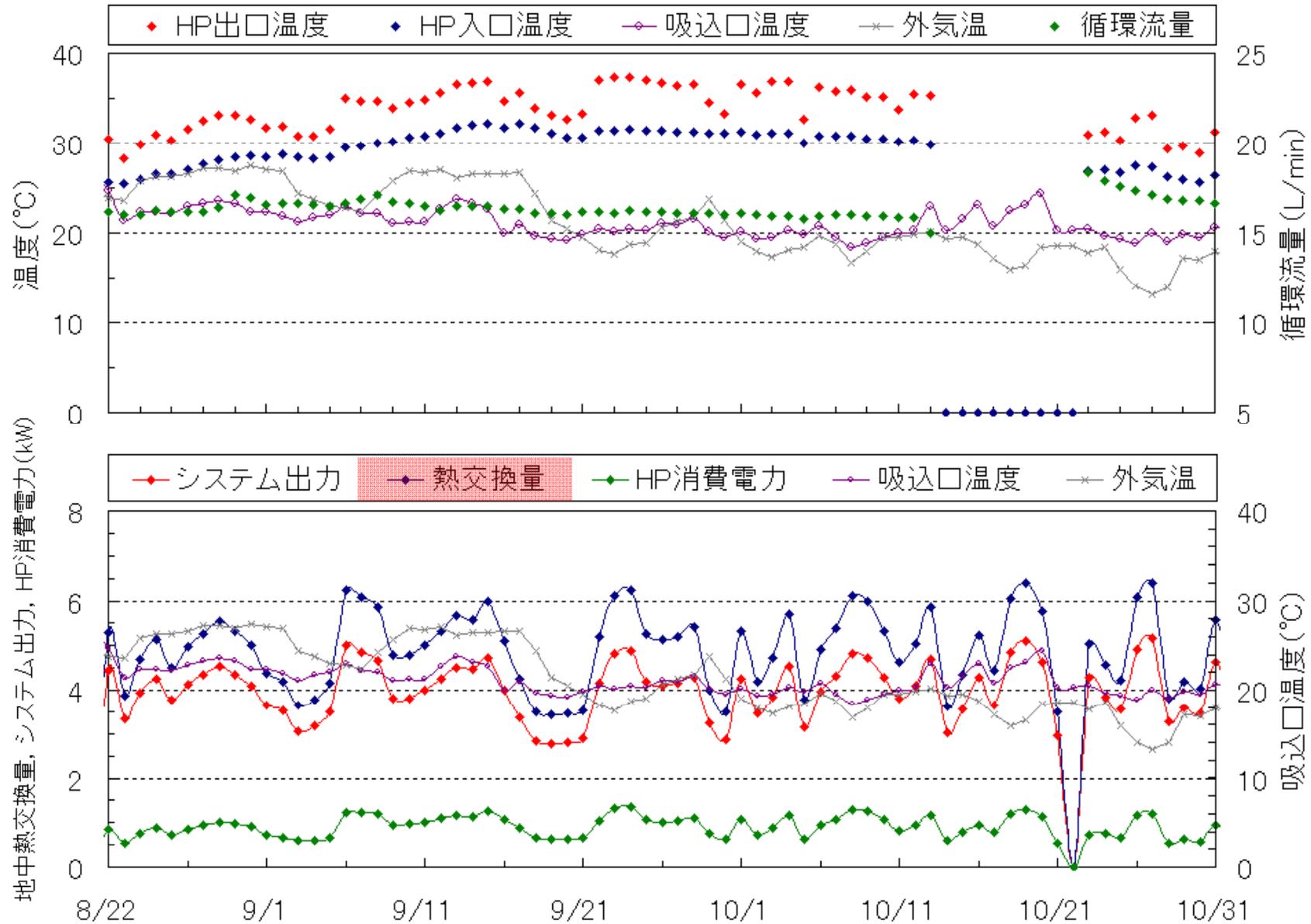
1日の運転率

65%(9月), 30%(10月)

COP平均値

4.58(冷房)

H23年における運転状況(つづき)



建設コストの比較

必要溝長さの比較

項目	単位	直管型		コイル型		備考
		1段構造	2段構造	1段構造	2段構造	
単位熱交換量 あたり温度差	°C/(kWh/m)	20.76	12.52	18.28	11.66	実測平均値
	%	100	60	88	56	
地中熱交換量 統一時の敷設溝長さ	m	100	60	88	56	

コスト比較

項目	単位	垂直型	水平型				備考
			直管型		コイル型		
			1段構造	2段構造	1段構造	2段構造	
地中熱交換器敷設溝長さ	m	88	100	60	88	56	垂直型のみ深度で記載
地中熱交換器敷設面積	m ²	-	100	60	88	56	敷設幅1mにて試算
1段構造に対する2段構造比率	%	-	-	60	-	64	
直接工事費	円	1,320,000	487,172	483,776	446,392	469,964	垂直型:15,000円/mで想定
	%	100.0	36.9	36.6	33.8	35.6	

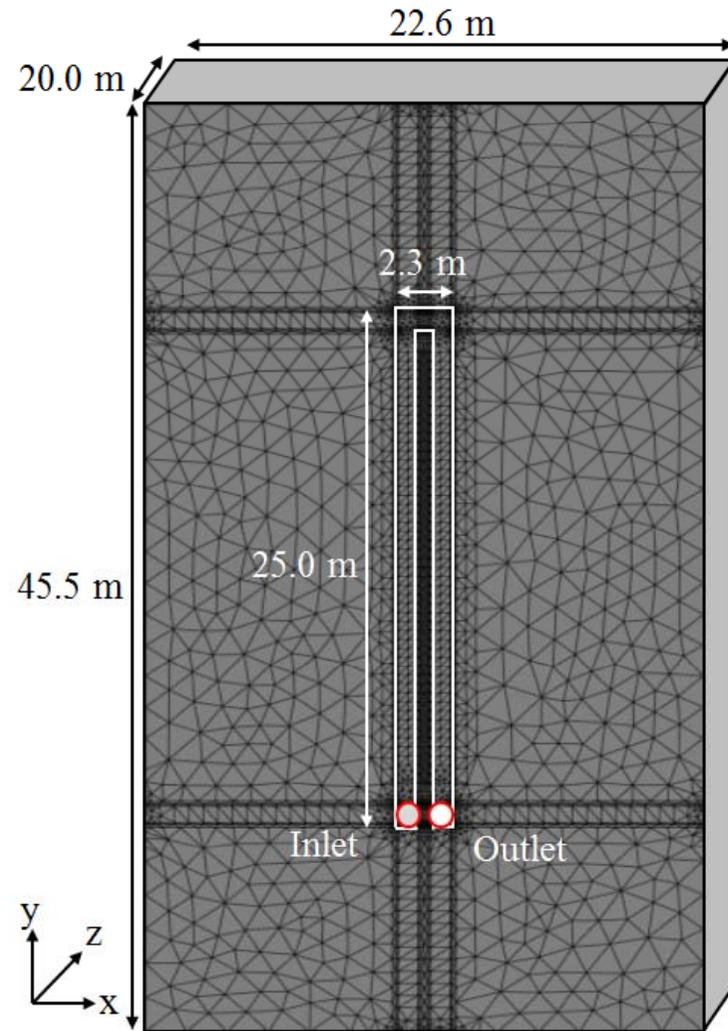
水平型の導入により建設コストを**60%以上削減可能**

最適デザインの検討

数値シミュレーションモデルを用いて、水平型地中熱交換器の最適設計を行う。

[条件]

- 2段, Slinky-coilを基本とする。
- 溝長さあたり採熱量を 38W/m と固定し, 冷暖房期間における熱媒体温度(HP出口温度)を比較する。



FEFLOWを用いた
シミュレーションモデル

最適デザインの検討(1)

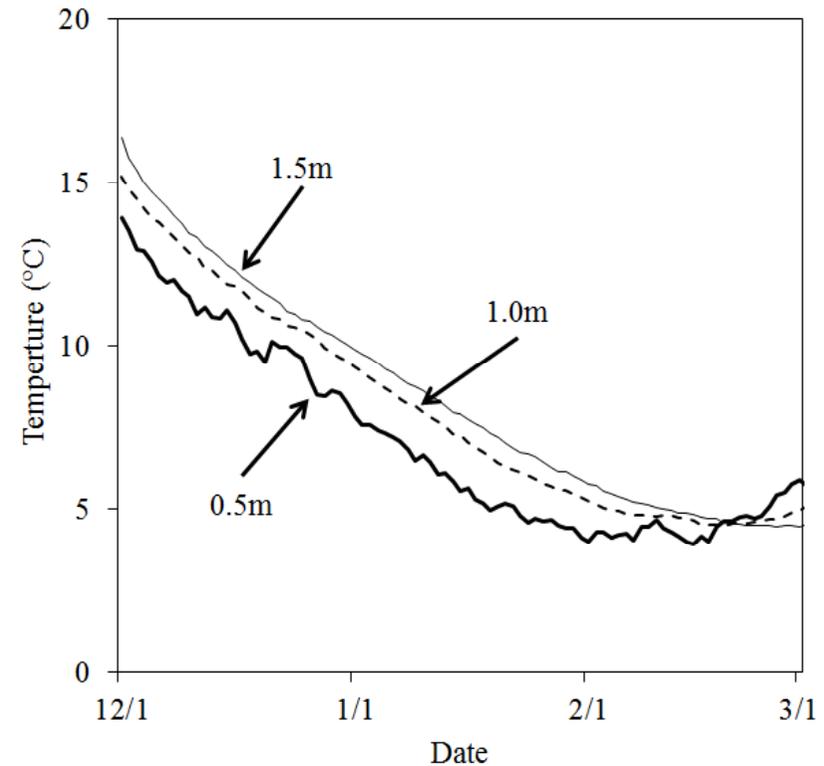
2段構造の埋設深度

[計算条件]

- 下段深度を2.0mに固定し, 上段を0.5m, 1.0m, 1.5mと変化させる。

[計算結果]

- 1.5mと2.0mが最適な組み合わせと推定された。



上段埋設深度と
熱媒体温度の関係

最適デザインの検討(2)

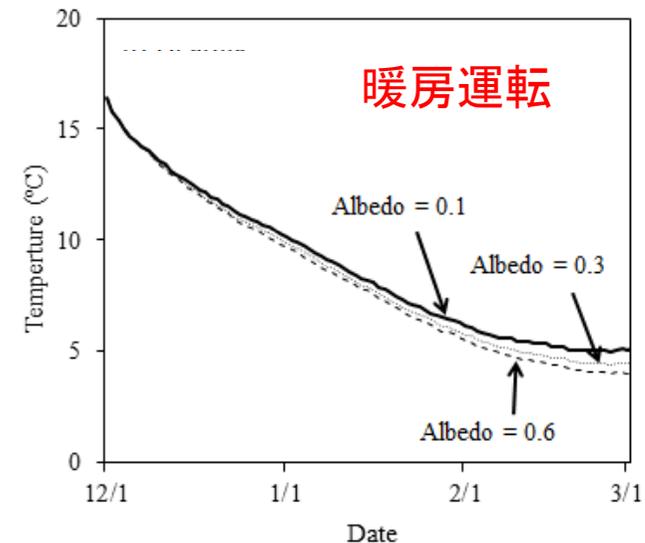
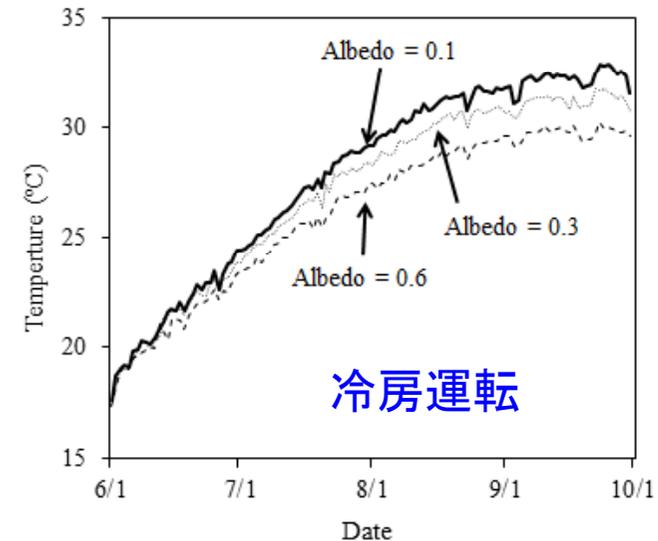
地表面被覆の影響

[計算条件]

- 地表面反射率(アルベド)を
0.1(アスファルト), 0.3(土壌),
0.6(高反射性塗料)と変化させる。

[計算結果]

- 暖房運転時にはアスファルトが、
冷房運転時には高反射性塗料が
望ましい。
- 冷房運転における地表面被覆の
影響が顕著である。



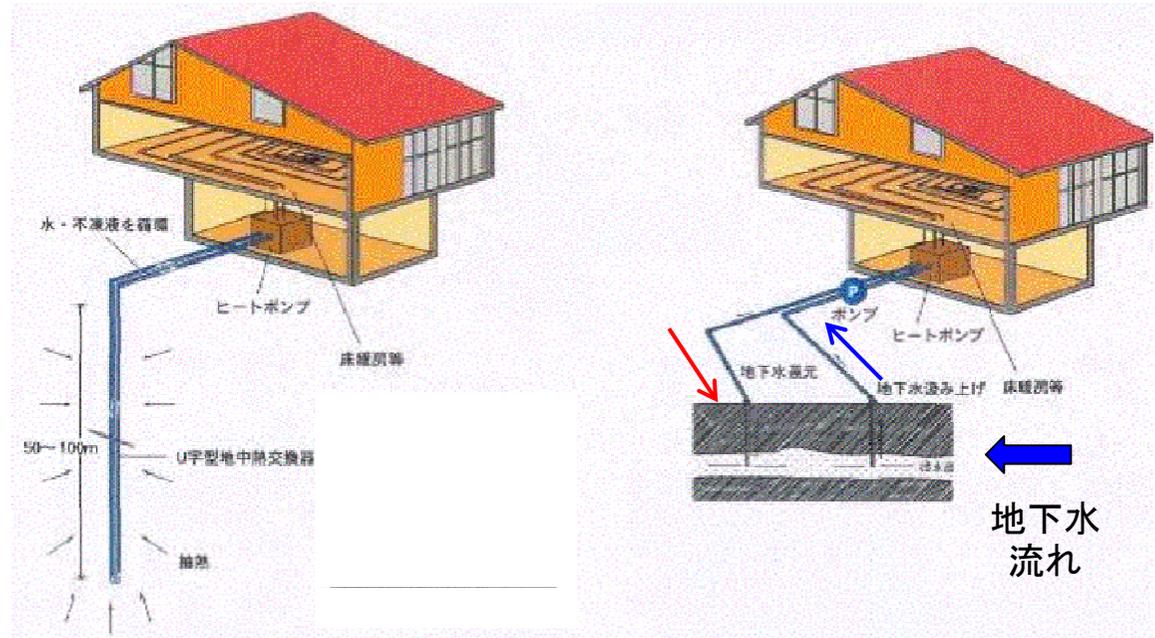
開放式(地下水くみ上げ式) ヒートポンプシステム

(長所)

- 熱交換量が大きい。
- 熱源温度が安定しているのでCOPが高い。

(短所)

- 地下水くみ上げが可能な地域に限られる。
- 地下水位が深いとポンプ動力が大きい。



閉鎖型(通常型)

開放型

熱量 \propto 流量 \times 温度差

閉鎖型 1 (30L/min) 1 (3°C)

開放型 10(300L/min) 5 (15°C)

井戸2本で50倍の熱交換量を得ることが可能

開放式システム実例

(岐阜市, (株)帝国建設コンサルタント)

設置年度	2011年
ヒートポンプ	24馬力2次側直膨式(ZQ社製)
設置目的	社屋の冷暖房(400m ²)
揚水井深度	17m
水温, 揚水量	16.3°C, 160L/分

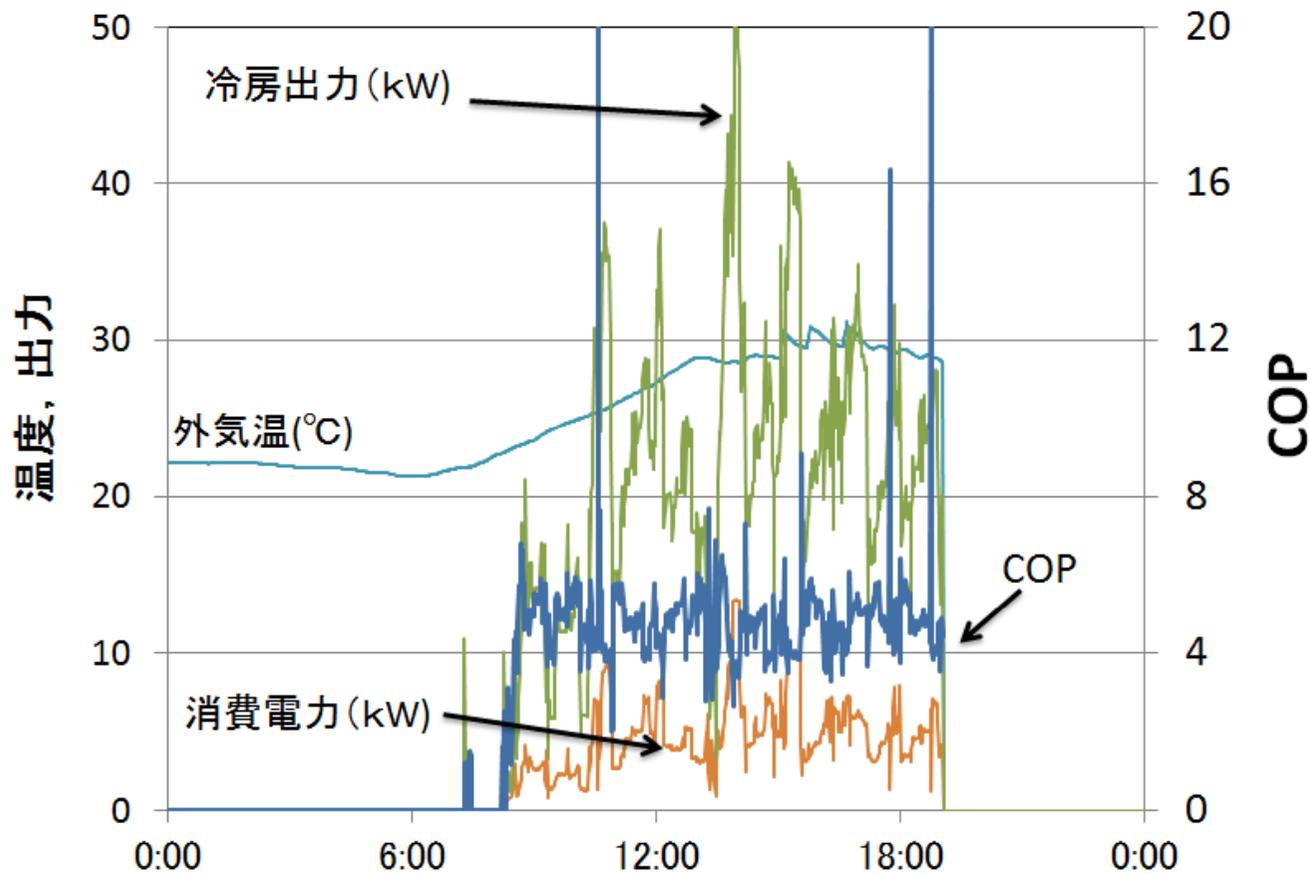


地上設備



浸透層により還元

開放式システム運転実績(2012/7/2)



日平均冷房COP=4.6

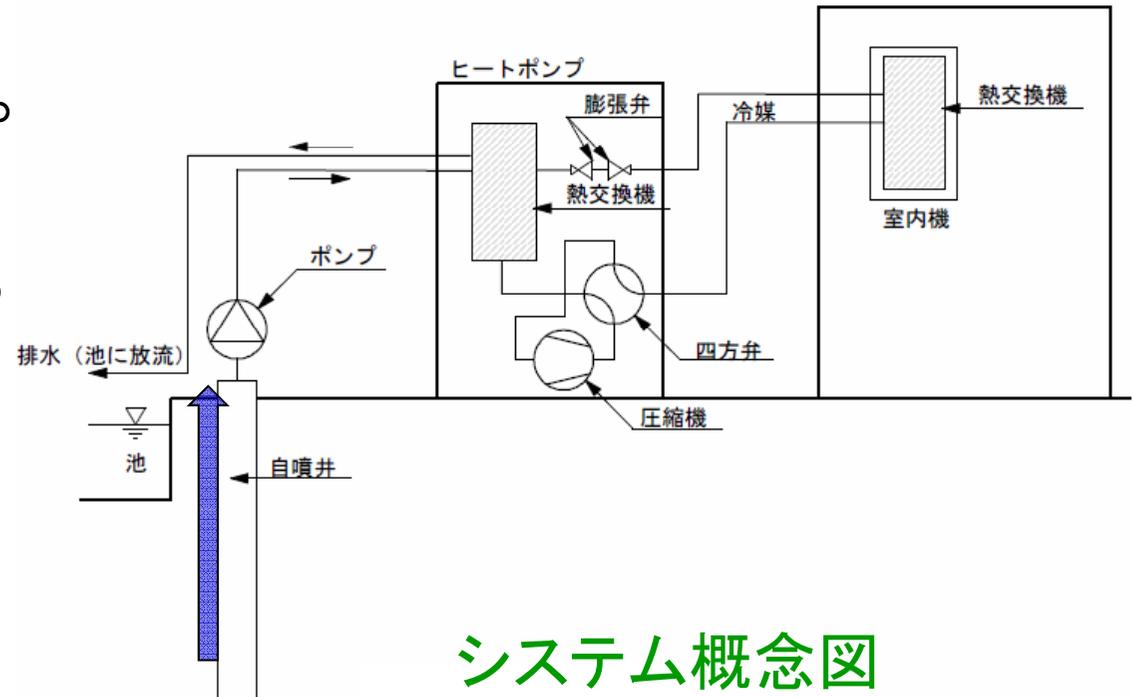
湧水利用ヒートポンプシステム

(長所)

- 熱源温度が安定しているためCOPが高い。
- 高額な掘削費や揚水ポンプ運転費が不要。

(短所)

- 湧水が利用可能な地域に設置が限られる。



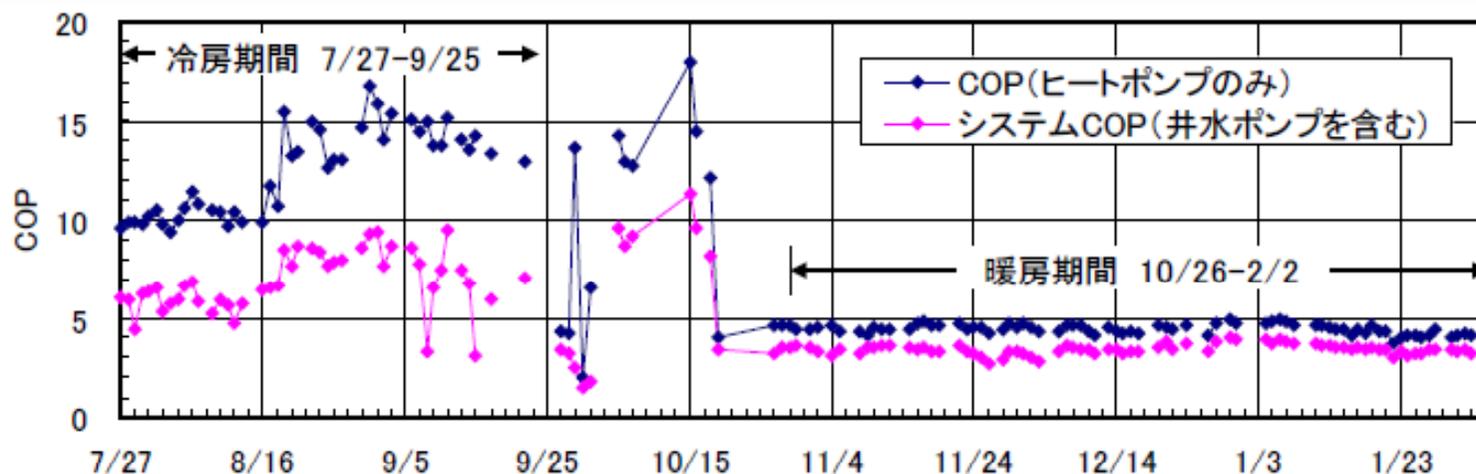
湧水利用システム実績

(山梨県中央市, (株)秀建コンサルタント)

設置年度 2010年
ヒートポンプ 10馬力2次側直膨式(ZQ社製)
設置目的 社屋の冷暖房(53m²)
水源温度 14.5°C(65L/分使用)
COP(HP単体) 12.2(冷房), 4.4(暖房)



環境省による
実証ロゴマーク



2010-2011年の運転実績

まとめ

- 地中熱HPシステムは省エネルギー・節電に有効であることが実証されている。
- 初期投資の削減が大きな課題であるが、以下の場合は低コストでの導入の可能性がある。

地盤の熱伝導率が高い → 垂直型

敷地が広い → 水平型

地下水が利用可能 → 開放式

湧水がある → 湧水利用

謝辞

フィールドデータをご提供いただきました九州電力(株), 三菱マテリアルテクノ(株), ゼネラルヒートポンプ工業(株), (株)帝国建設コンサルタント, (株)秀建コンサルタントの皆様に深く感謝いたします。