

太陽熱と地中熱を利用する水循環ヒートポンプシステムの技術開発 運転性能予測シミュレーション【解析条件】

1. 背景と目的

多様な熱源を多目的に利用する水循環ヒートポンプシステム (MMHPシステム)の提案と技術開発を行ってきた。しかし、その具体的な導入効果は明らかになっていない。本研究では、MMHPシステムと従来システムの差異を明らかにすることを目的として解析を行う。

2. 手法

戸建住宅におけるMMHPシステムと、空気熱源ヒートポンプを用いた既存システムの年間運転性能予測シミュレーションを行う。そのために、実大実験より得られた実測結果よりヒートポンプの性能曲線をモデル化する。また、地中熱交換器のモデル化を行う。これらの計算モデルを組み合わせ、シミュレーションを行う。

3. 地中熱交換器のモデル化

解析対象は、Uチューブ式地中熱交換器である。煩雑な計算を避けるため、図1のように近似を行った。計算範囲は図2示す円筒である。また、使用した計算式は以下のとおりである。

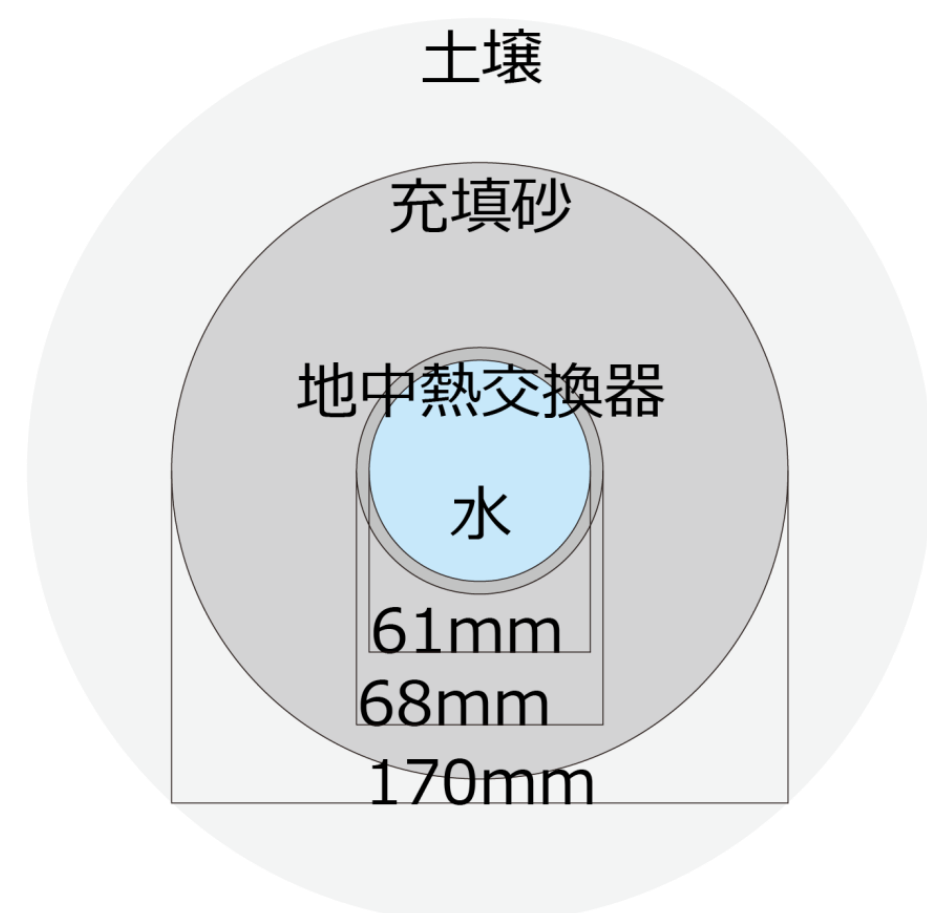


図1 地中熱交換器断面

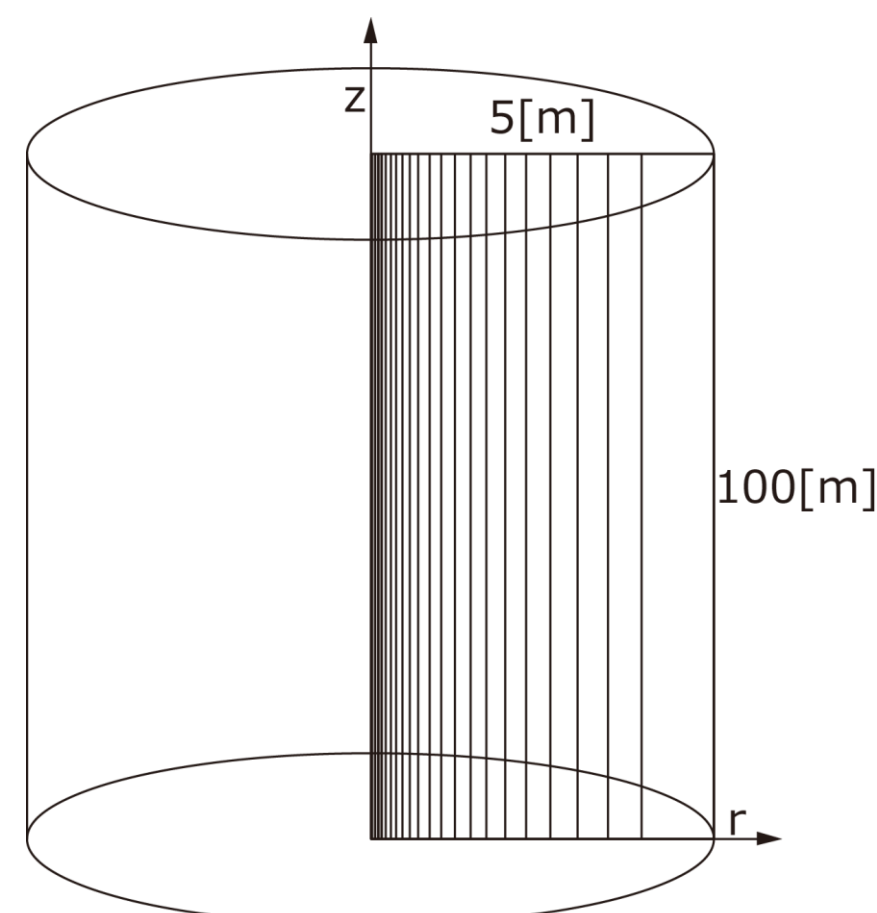


図2 計算領域

$$\rho C_p \frac{\partial \theta}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right)$$

θ =各nodeの温度[°C]
 λ =熱伝導率[W/mK]
 ρ =密度[kg/m³]
 C_p =比熱[J/kgK]

r =r軸座標[m]
 ∂r =r軸方向の微小区間[m]
 ∂z =z軸方向の微小区間[m]

4. 建物条件

解析対象は図3のような、空調需要と給湯需要のある一般的な戸建住宅である。この住宅にMMHPシステムと従来システムの、それぞれを導入した場合の解析を行い、機器効率や消費電力、熱源水温度の変化を算出する。

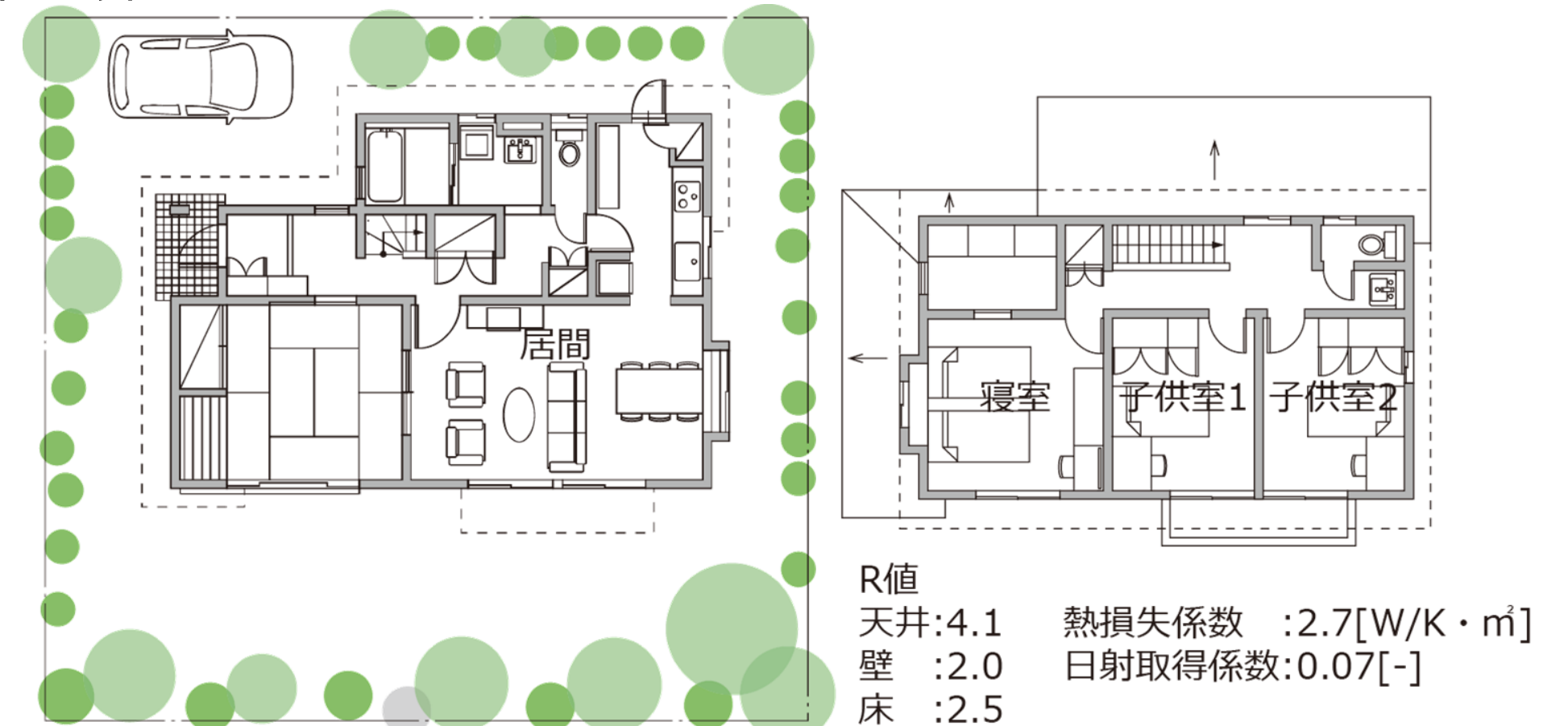


図3 解析対象

5. 設備条件

MMHPシステムの構成を図4と表4に示す。4台の空調機、給湯器、太陽空気熱源ヒートポンプが水配管によって地中熱交換器と並列に接続されている。従来システムの構成を図5と表5に示す。概ねMMHPシステムと同様であるが、すべて空気熱源ヒートポンプであり、太陽空気熱源ヒートポンプと地中熱交換器は設置されていない。

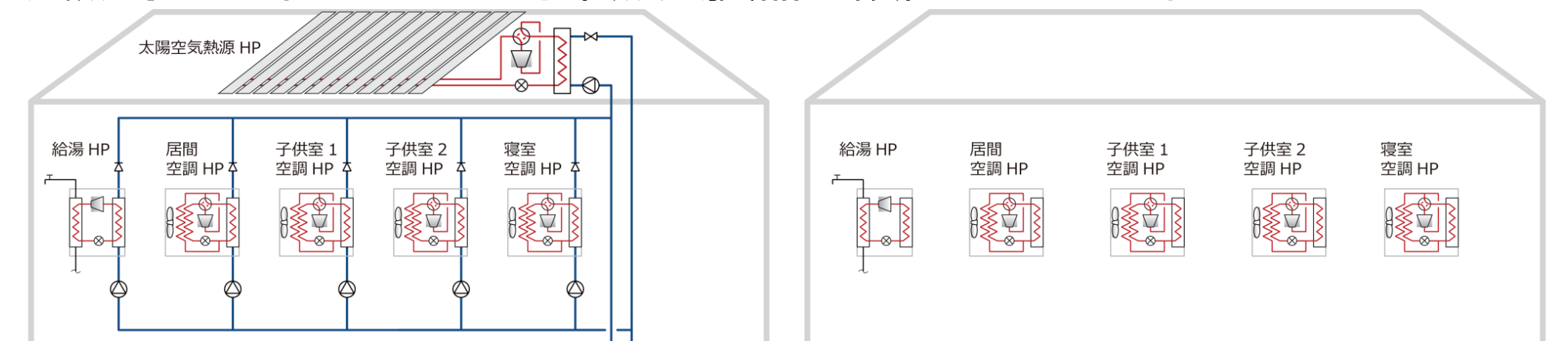


表4 空調能力と設定温度		空調能力		設定温度	
		暖房	冷房	暖房	冷房
空調	居間	6.7[kW]	2.5[kW]	20[°C]	27[°C]
	子供室1	2.8[kW]	1.6[kW]	20[°C]	27[°C]
	子供室2	2.8[kW]	1.6[kW]	20[°C]	27[°C]
	寝室	2.8[kW]	1.6[kW]	20[°C]	27[°C]
太陽空気熱源		5.0[kW]	1.6[kW]	17[°C]	17[°C]

図4 MMHPシステムの構成

表5 空調能力と設定温度		空調能力		設定温度	
		暖房	冷房	暖房	冷房
空調	居間	6.7[kW]	2.5[kW]	20[°C]	27[°C]
	子供室1	2.8[kW]	2.2[kW]	20[°C]	27[°C]
	子供室2	2.8[kW]	2.2[kW]	20[°C]	27[°C]
	寝室	2.8[kW]	2.2[kW]	20[°C]	27[°C]
太陽空気熱源		-	-	-	-

図5 従来システムの構成



太陽熱と地中熱を利用する水循環ヒートポンプシステムの技術開発 運転性能予測シミュレーション【解析結果】

6. 解析結果

図6にCOPの計算結果を示す。MMHPシステムのCOPは、年間を通して高い値を示している。図7に消費電力の計算結果を示す。MMHPシステムの消費電力は従来システムと比較して、約12%削減されている。圧縮機の消費電力は大幅に削減されているが、循環ポンプの消費電力が大きい。

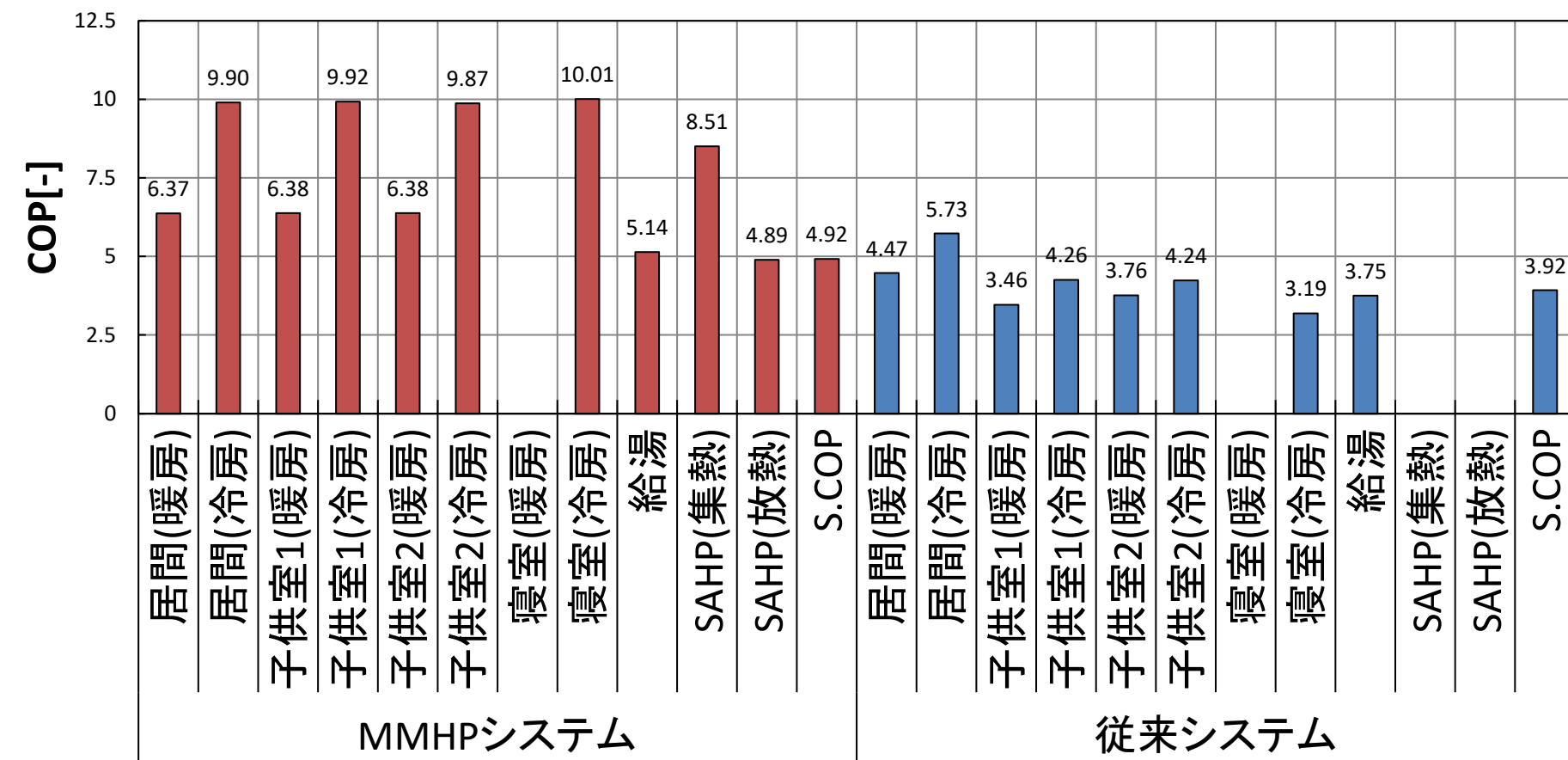


図6 COP

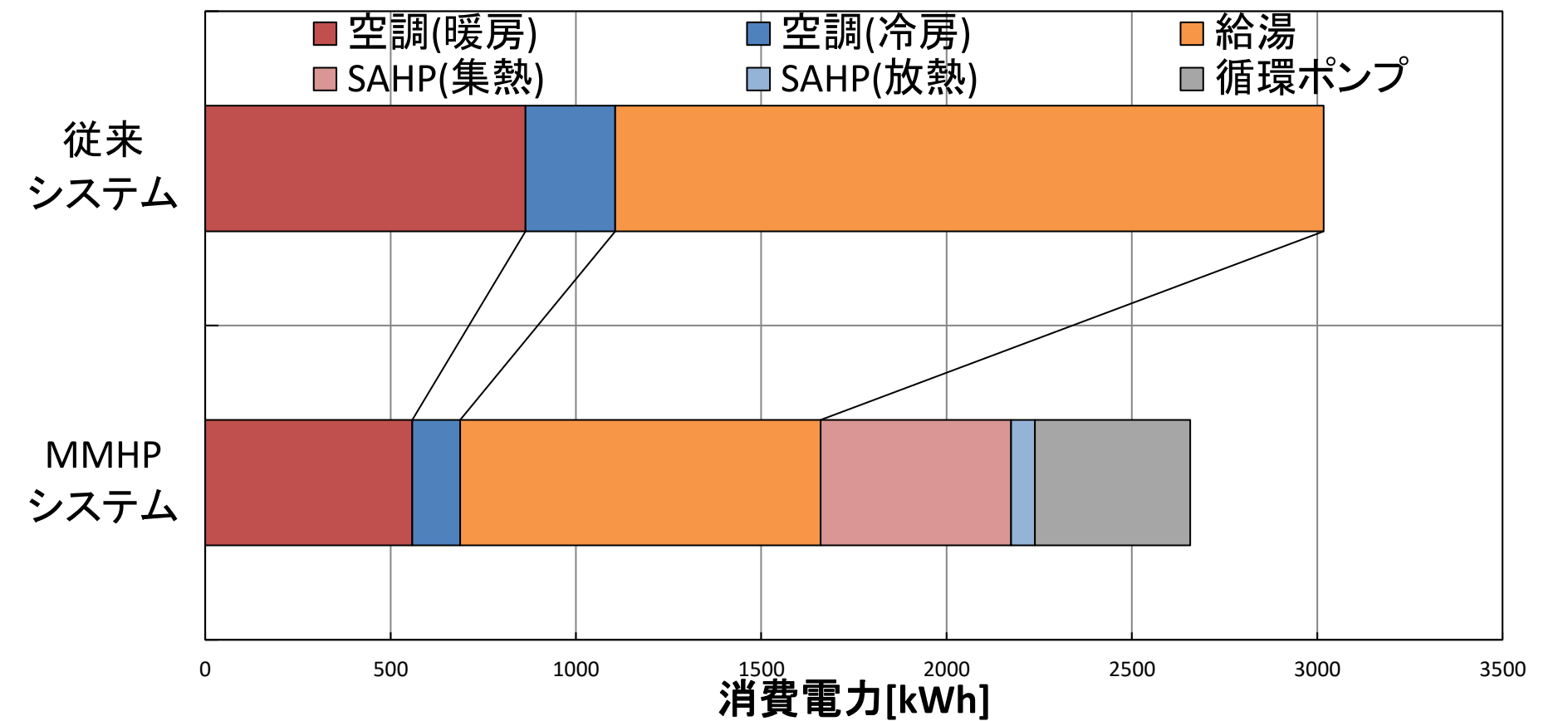


図7 消費電力

図8に熱源水温度と土壌温度の変化を示す。5.0[m]とは地中熱交換器の中心から5[m]の位置であることを示す。冬期には熱需要の過多より、熱源水温度が10[℃]を下回る期間も見られるが、熱源水温度を年間を通してほぼ一定の範囲内に抑えている。

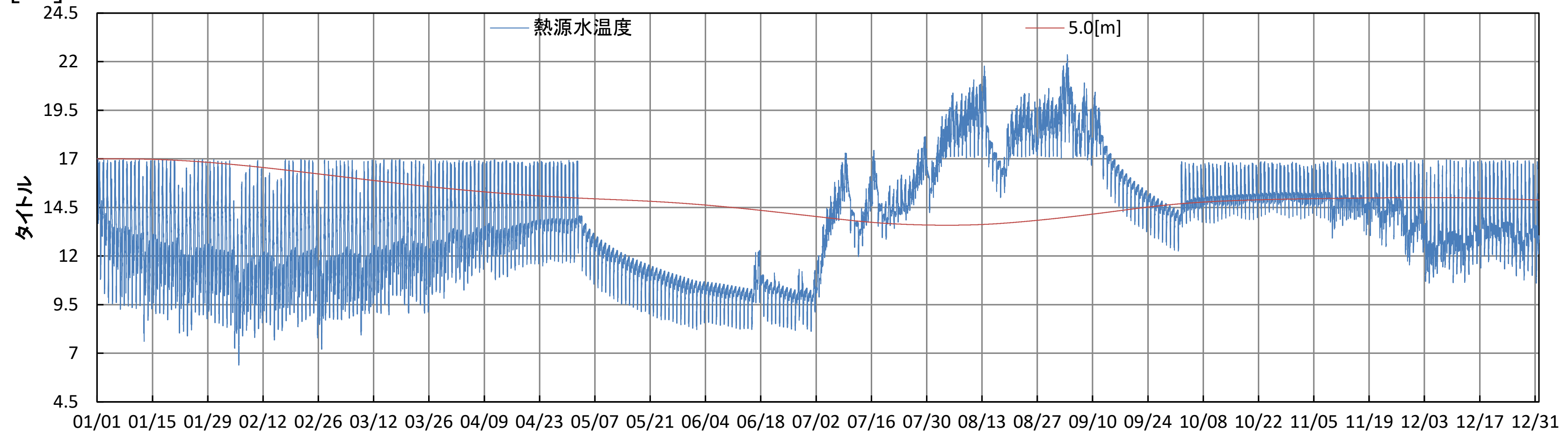


図8 熱源水温度の変化

7. まとめ

- 1)MMHPシステムのCOPは従来システムと比較して、年間を通して高い値を示している。
- 2)MMHPシステムの消費電力は従来システムと比較して、約12%削減されている。循環ポンプの消費電力が大きく、改善の余地がある。
- 3)MMHPシステムは、地中熱利用の欠点であった熱源水温度の変化を最小限に抑え、年間を通してヒートポンプの効率を維持する。