

# 小径鋼管杭を用いた 地中熱利用システム

—長期供用試験の性能評価—

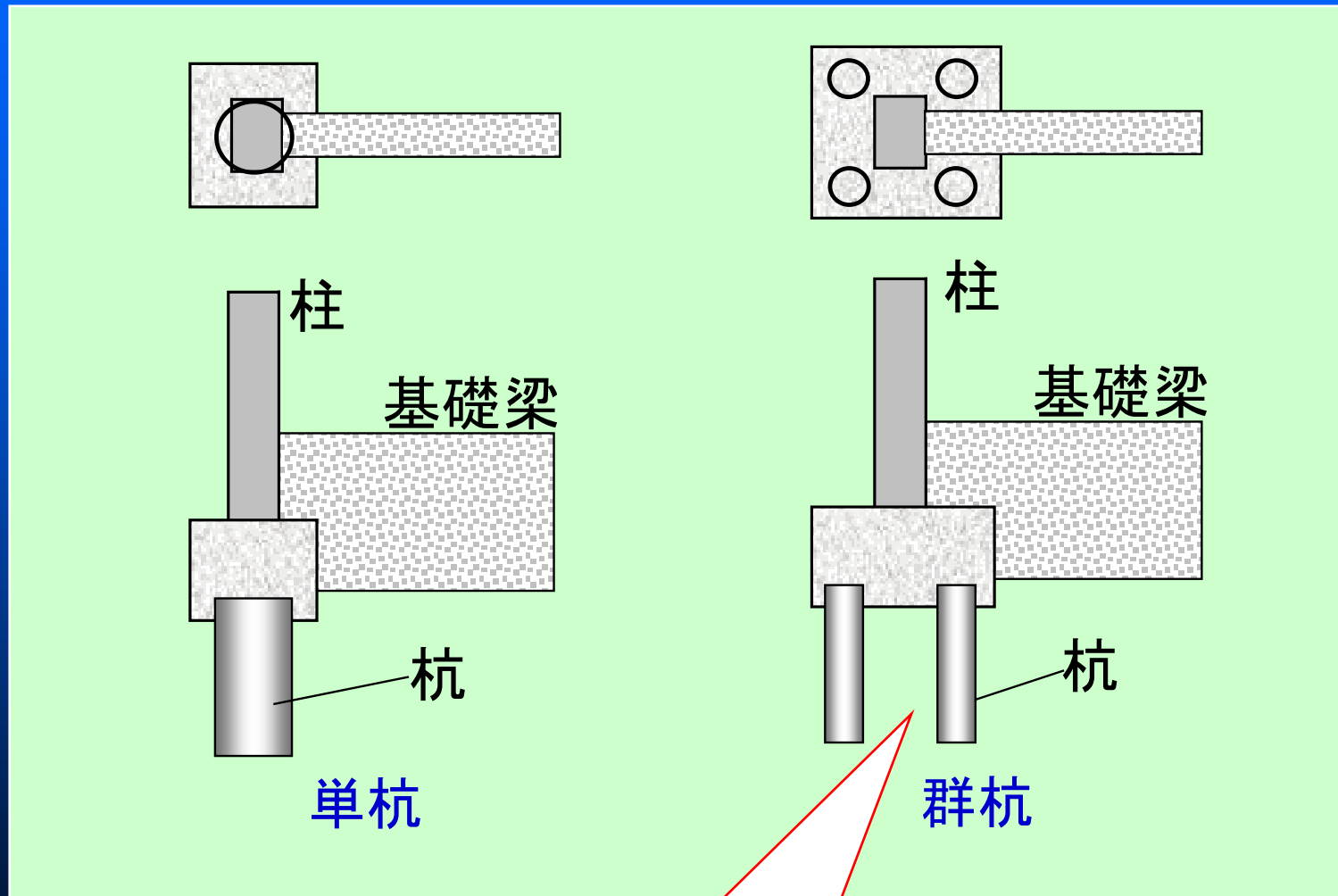
JFE技研 土木・建築研究部  
林 正宏

# 概要

## ＜冷暖房性能と長期供用性能評価＞

- » 地盤有効熱伝導率測定(サーマルレスポンステスト)
- » 2006 7/1～10/31 冷房試験実施
- » 2006 12/8～2007 3/31 暖房試験実施
  
- » 地中熱交換器として、単杭、群杭の性能確認
- » 水冷(地中熱)の対空気熱源優位性確認
- » 地中に与える熱影響の確認
- » 冷暖房時の杭内部充填水の挙動把握

# 基礎形式(单杭・群杭)



熱干渉、性能は？

# 回転貫入鋼管杭の利用

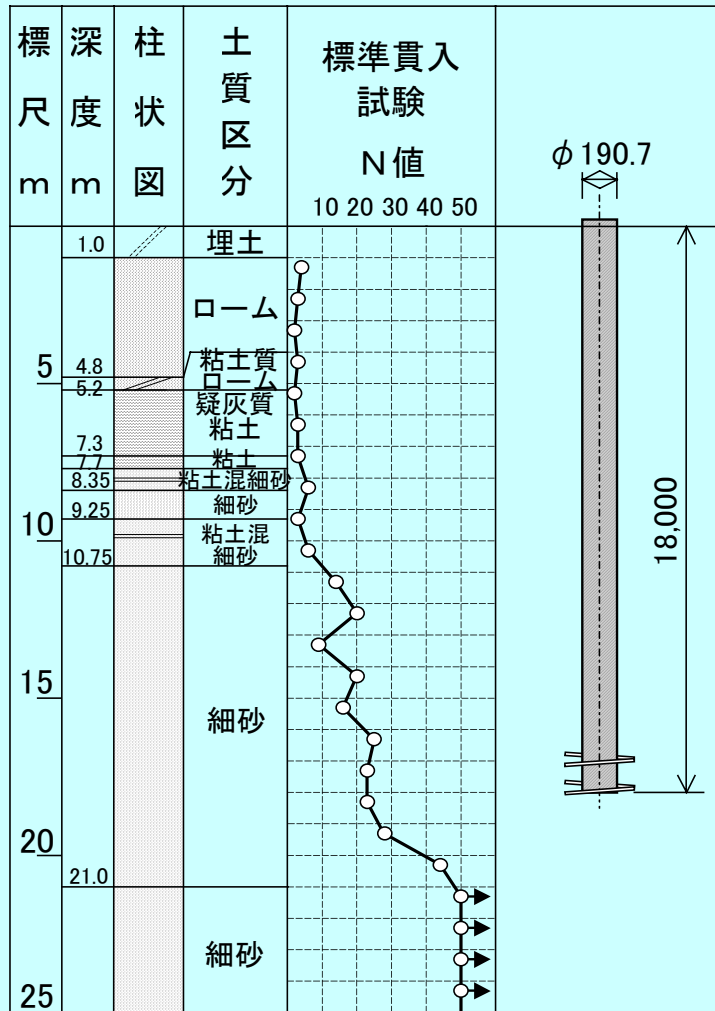
回転貫入杭は環境に優しい工法

- ◇ 無排土施工
- ◇ セメントミルク不使用
- ◇ 低騒音・低振動施工
- ◇ 管内が空洞  
(地中熱利用杭に最適)
- ◇ 逆回転で引抜き可能  
(リユース可)

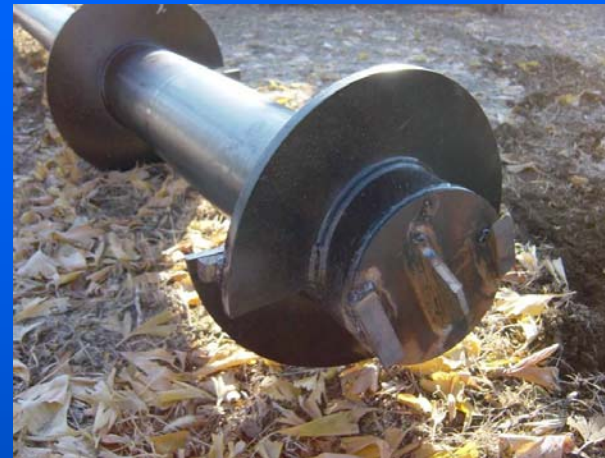


# 試験杭および地盤条件

試験場所：千葉県稲毛区



地下水位はG.L.-25m以深



鋼管杭  $\phi 190.7 \times t7.0$



施工状況



# Uチューブの施工状況



Uチューブ(高密度ポリエチレン)



挿入状況



設置状況(群杭)



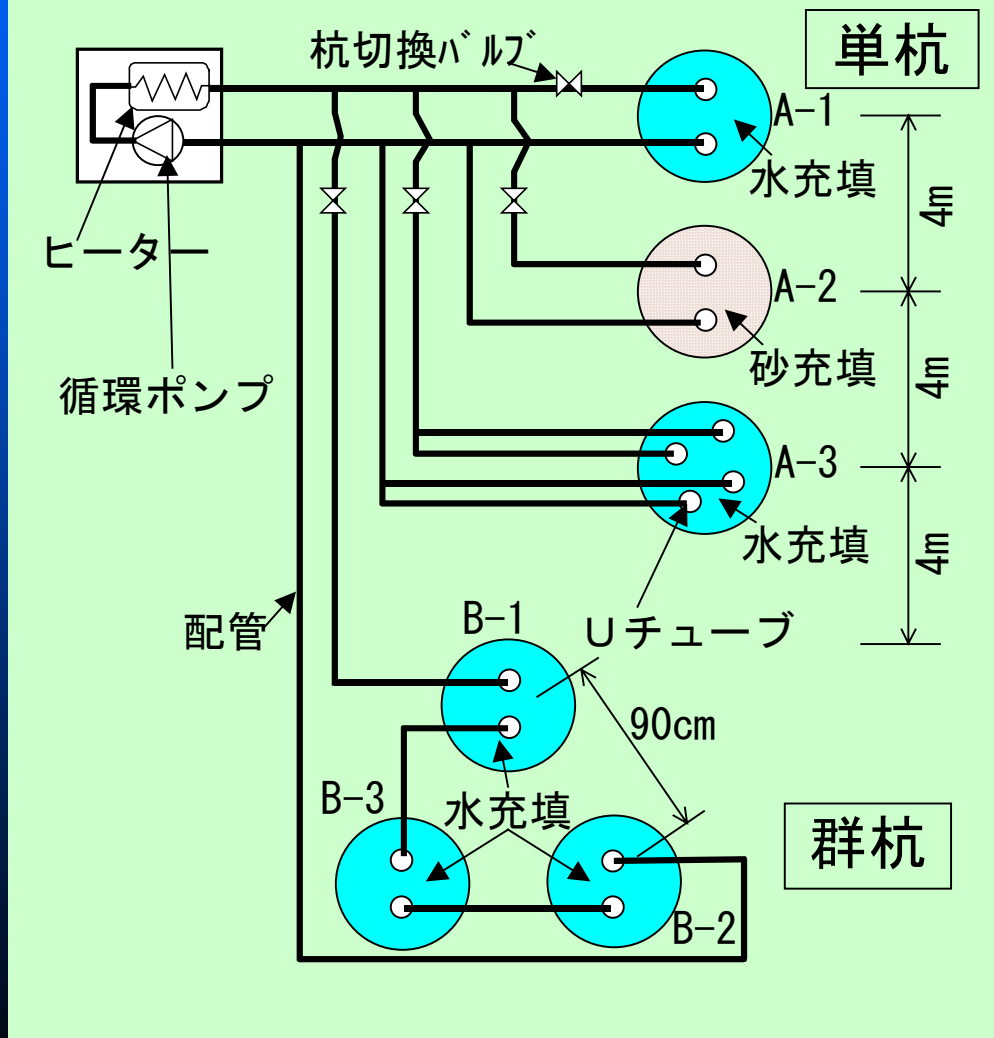
設置状況

# 熱交換杭の仕様選定 —サーマル・レスポンス・テスト—

試験時期：2006年1月～2月

比較試験の内容

- ①鋼管内充填材  
水と砂
- ②Uチューブ数  
シングル、ダブル
- ③単杭と群杭

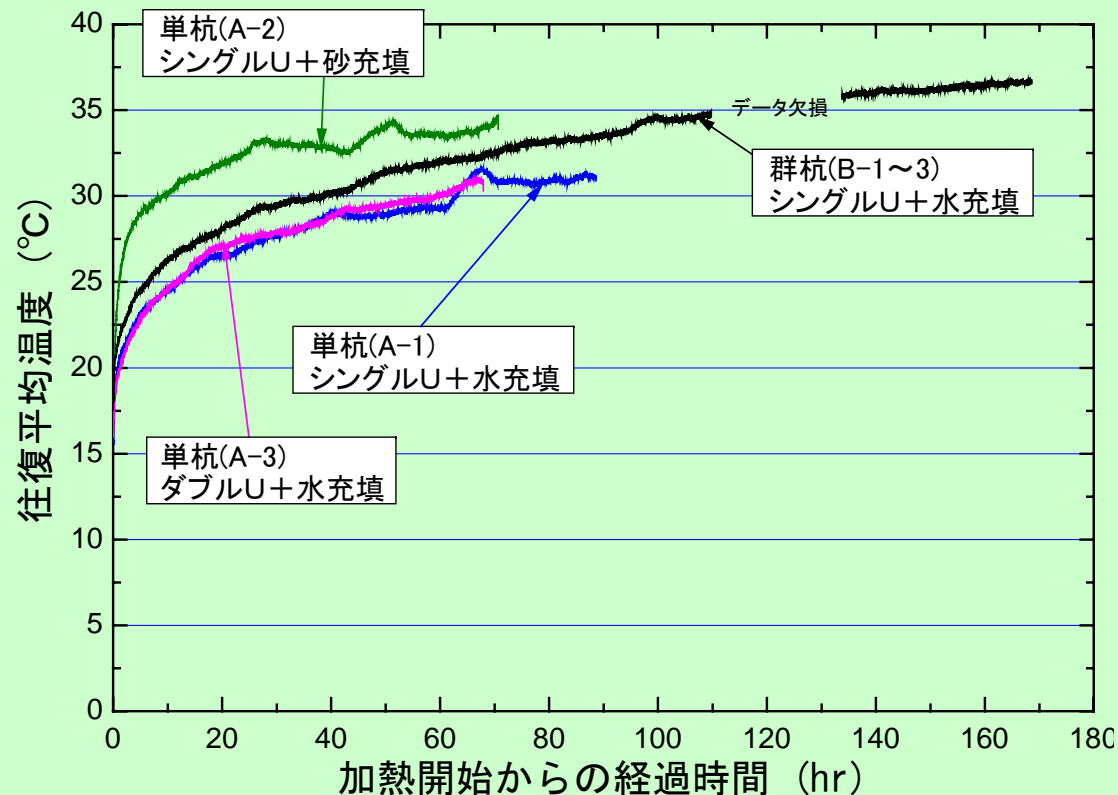


水充填



砂充填

# サーマル・レスポンス・テストの結果



- ・充填材は水の方が砂より熱交換能力が優れる
- ・シングルとダブルの差は見られない
- ・群杭は杭相互の熱干渉により、単杭より温度が高い



- 長期試験における熱交換杭の仕様選定
- ・鋼管内充填材に水
  - ・シングルUチューブの使用

	単杭A-1 (水+シングル)	単杭A-2 (砂+シングル)	単杭A-3 (水+ダブル)	群杭B1~3 (水+シングル)
初期温度T0 (°C)	15.4	15.3	15.4	17.7
有効熱伝導率 $\lambda_{\text{eff}}$ (W/(m·K))	1.47	1.51	1.40	1.45
熱抵抗 $R_b$ (K/(W/m))	0.040	0.124	0.040	0.057
熱拡散率 $\alpha$ (m <sup>2</sup> /s)	6.67e-07	6.85e-07	6.35e-07	6.58e-07



# 長期(冷暖房)試験概要

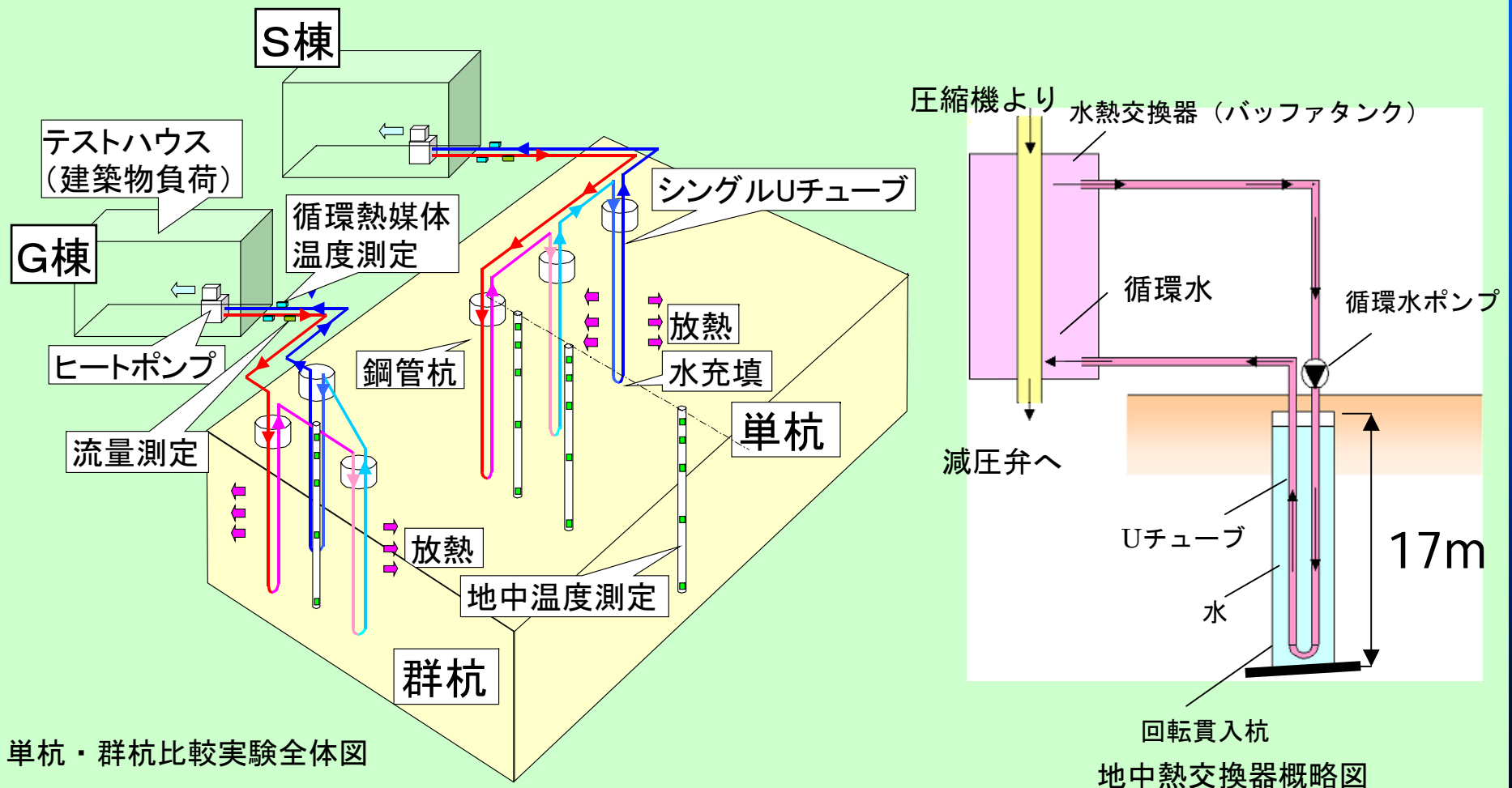
## ①単杭・群杭比較、②空・水冷(地中熱)比較

- 単杭、群杭形式地中熱交換器に同負荷の計測実験室を設置
  - ・床面積 13.5m<sup>2</sup>、気積 約30m<sup>3</sup>
  - ・設計冷房負荷 2kW
  - 暖房負荷 2.2kW
- Uチューブ:シングル配管
- 杭内部:水充填
- Uチューブ内循環水:不凍液
- 循環水量:10ℓ/min
- 配管長の統一
- 横引き配管埋設・断熱措置
- 空水冷切替式HP使用



# 単杭・群杭比較実験概要図

単杭形式・群杭形式熱交換器の性能差の有無を確認



# 試験スケジュール

## <冷房試験>

- 2006 6/28～10/31 冷房
  - ・6/28～10/31 27°C
  - ・8/2～8/7 空水冷比較試験 27°C

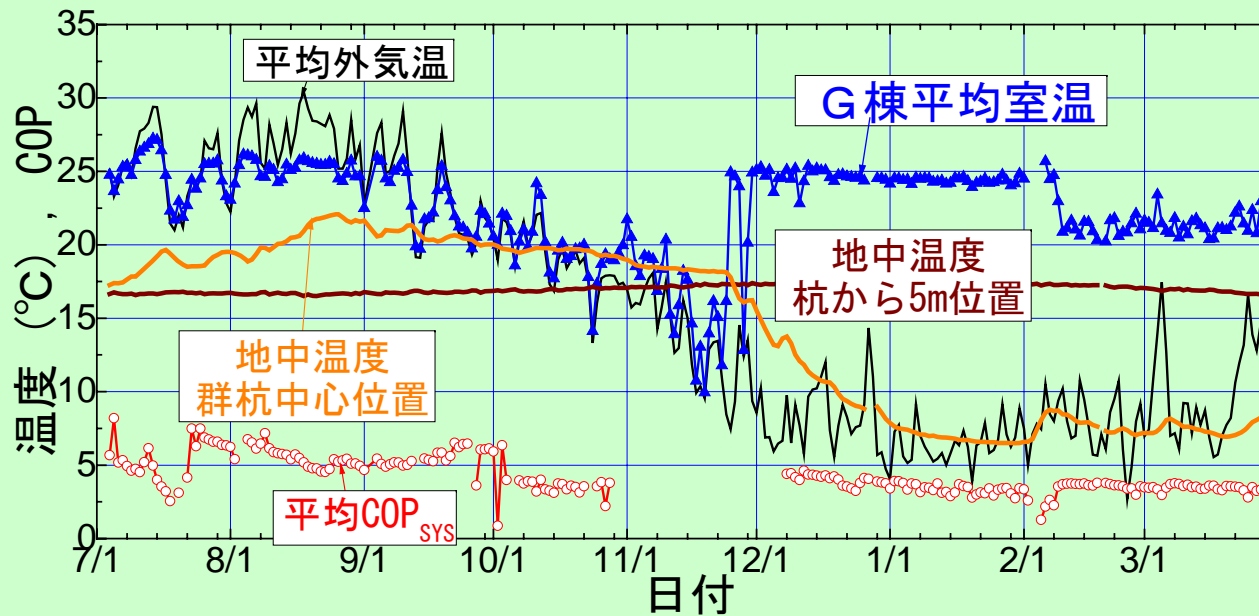
## <暖房試験>

- 2006 11/1～2007 3/31 暖房
  - ・2006 11/1～2007 2/1 24°C
  - ・2/2～2/4 運転休止(地中熱源回復確認)
  - ・2/5～2/9 空水冷比較試験 24°C
  - ・2/9～3/31 21°C

# 年間の運転状況



単杭：S棟



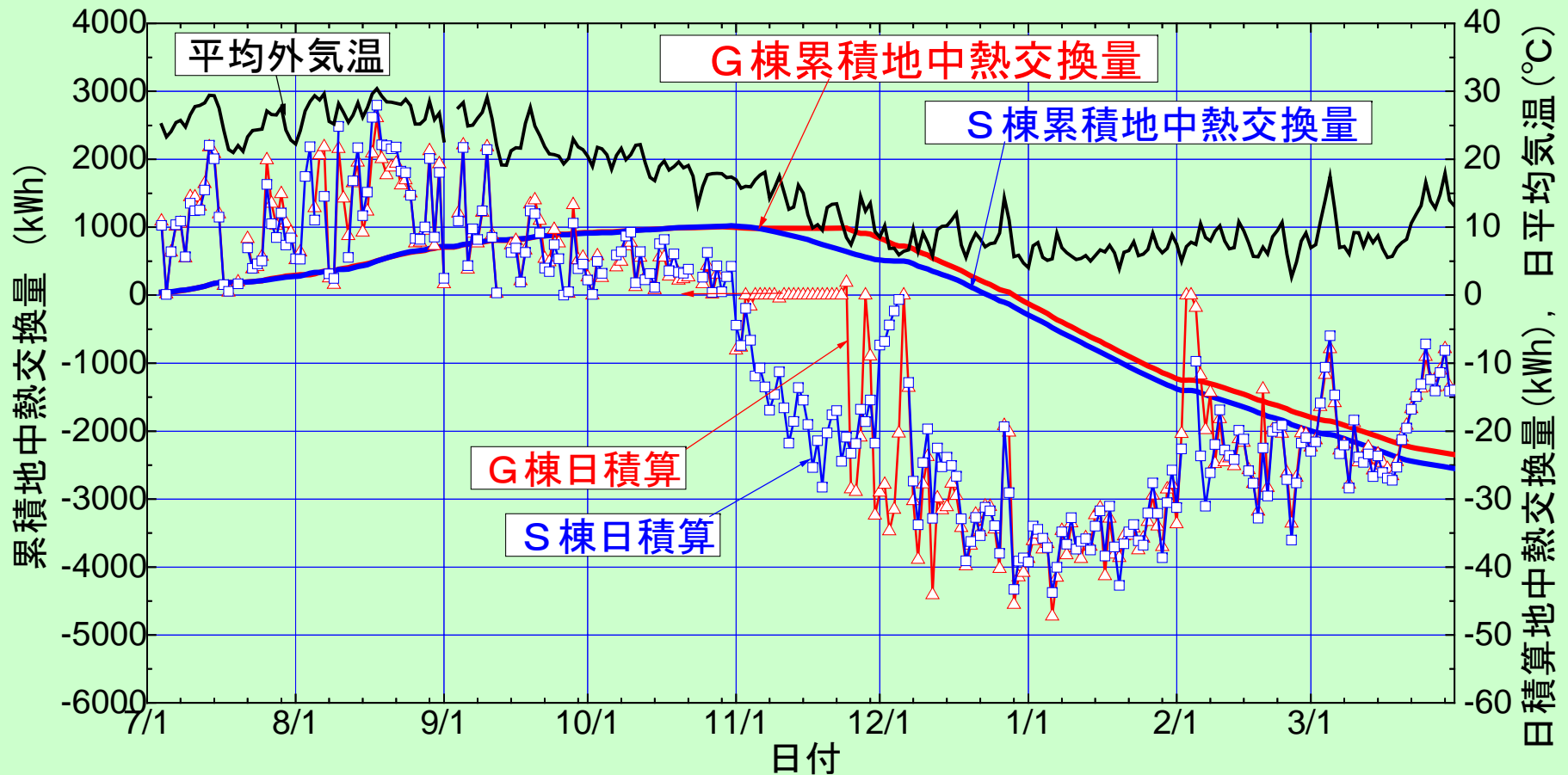
群杭：G棟

G棟のCOPは  
S棟の95%程度



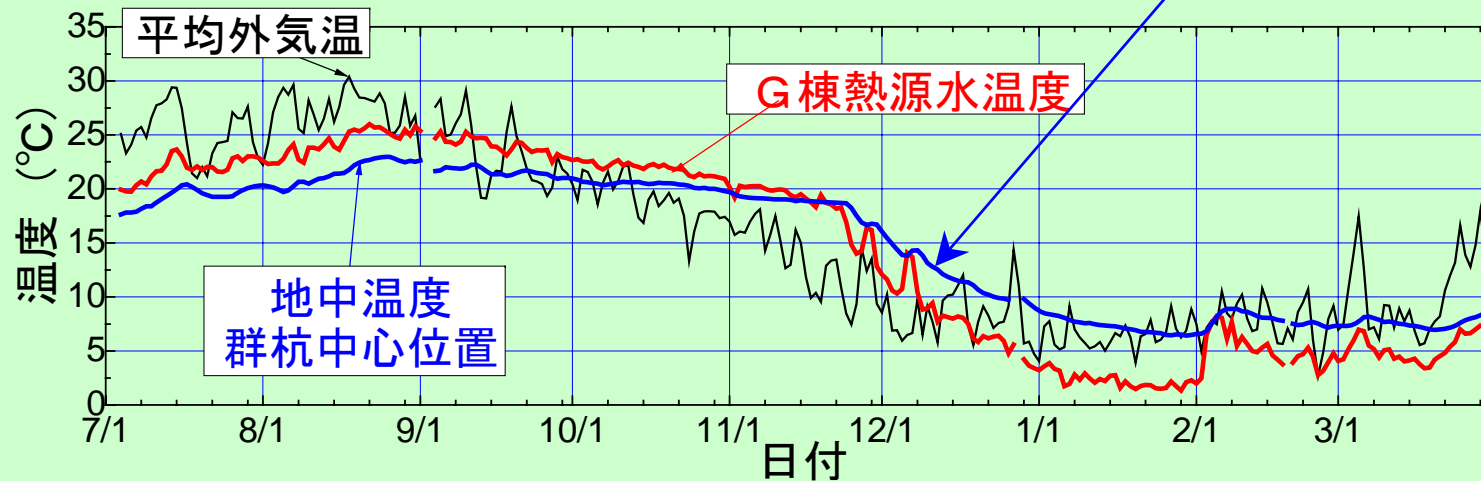
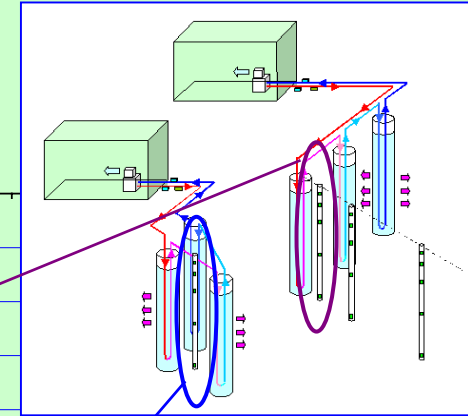
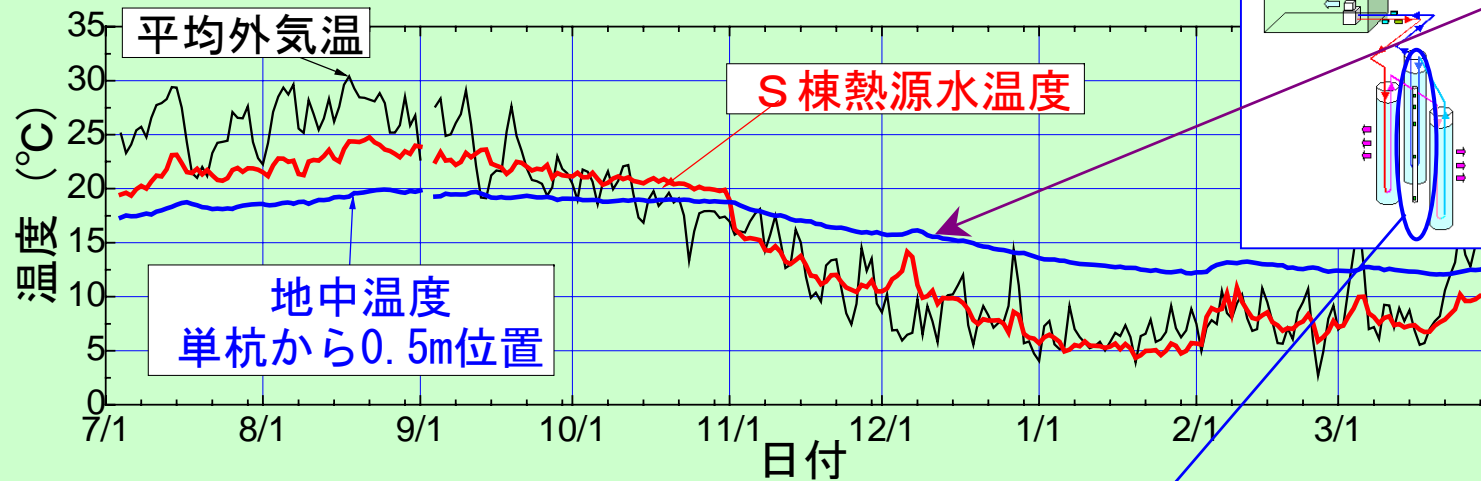
# 地中熱放熱量の推移

- 冷房 1MW 暖房 2.0~2.5MW
- 暖房開始から1ヶ月程度で相殺

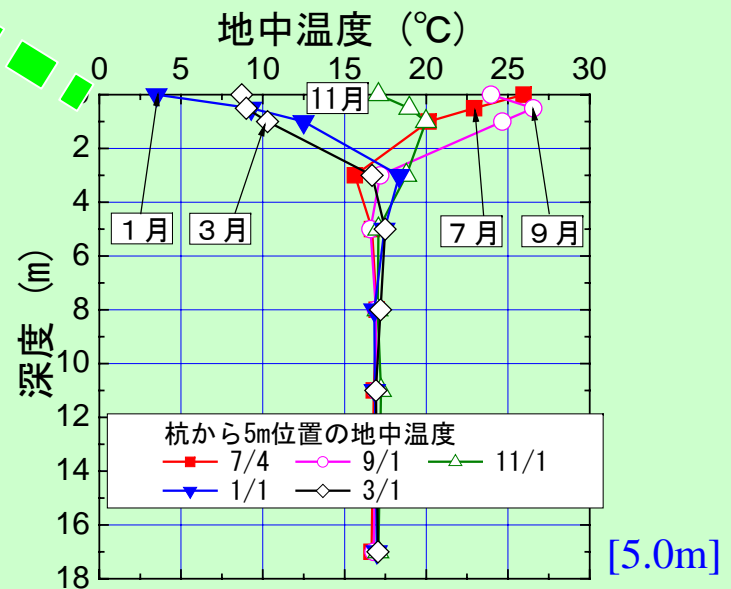
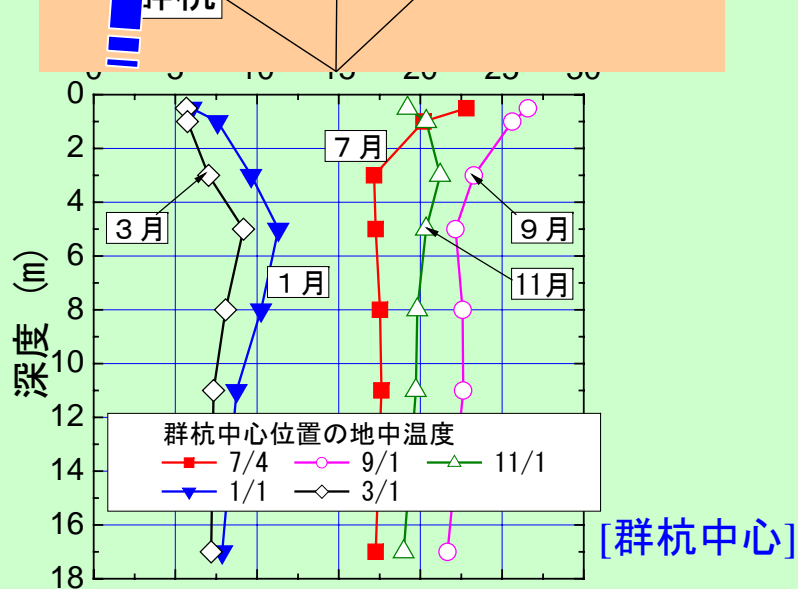
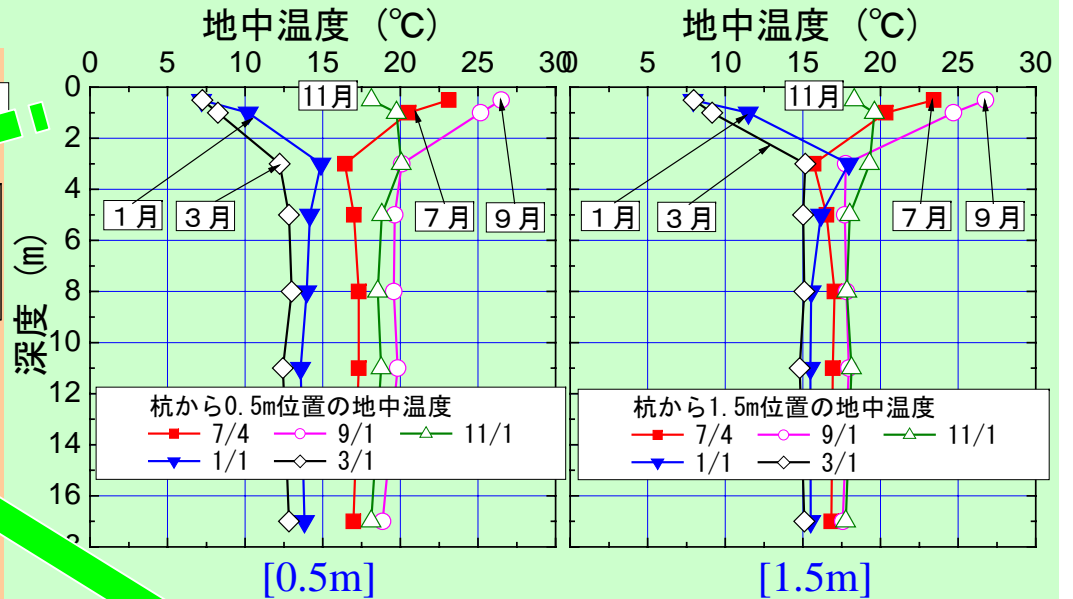
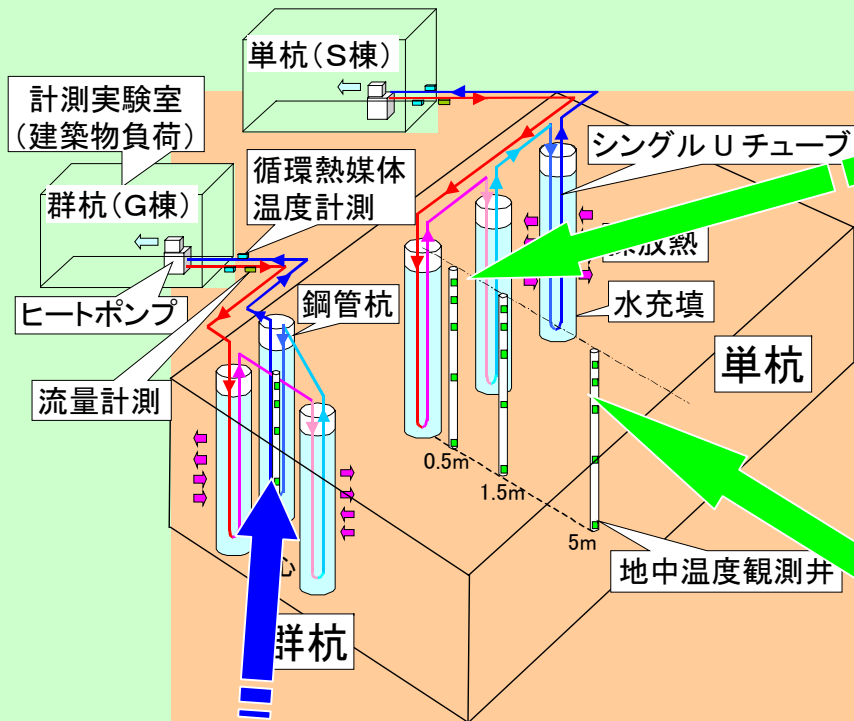


# 熱源水温度の推移

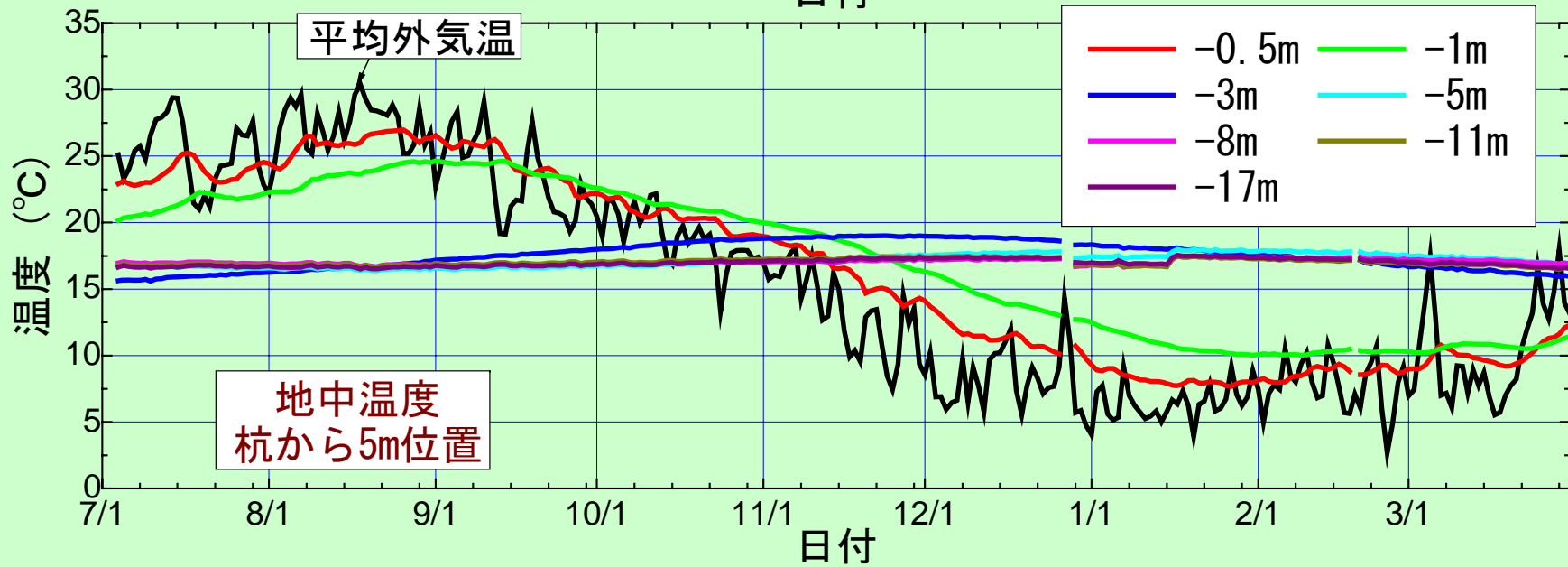
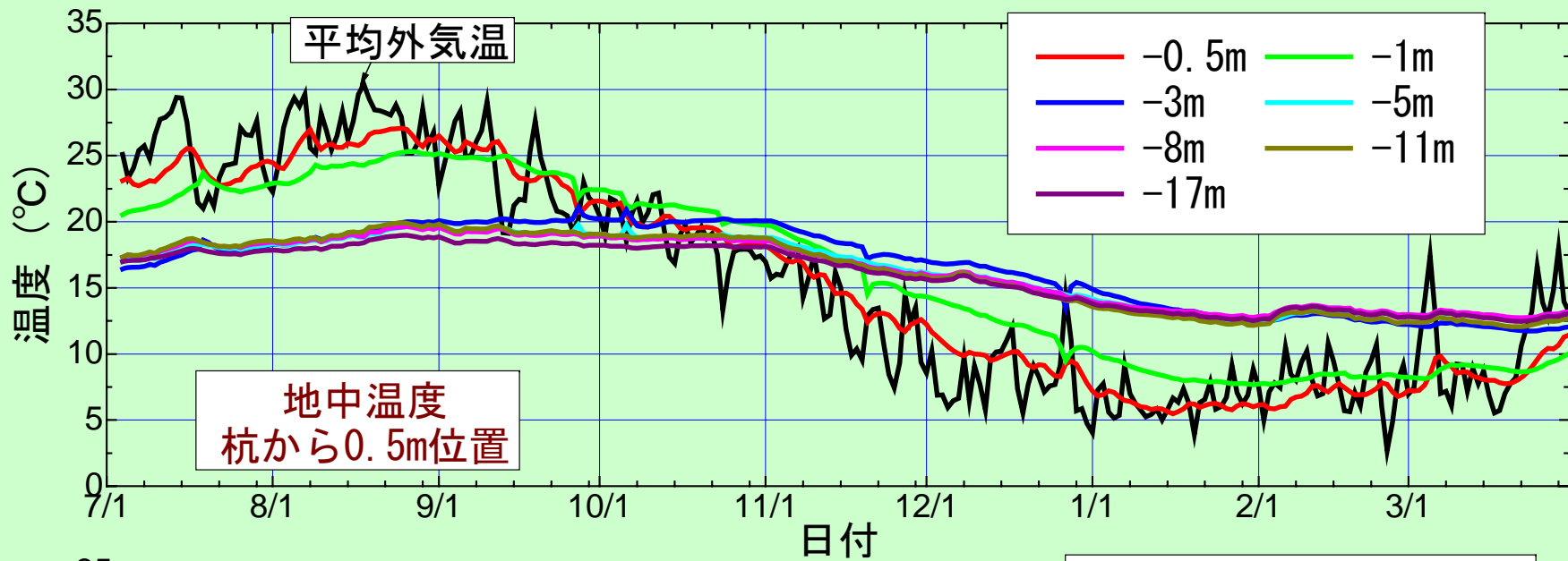
- 熱源水温度は暖房運転によって比較的早期に低下



# 地中温度

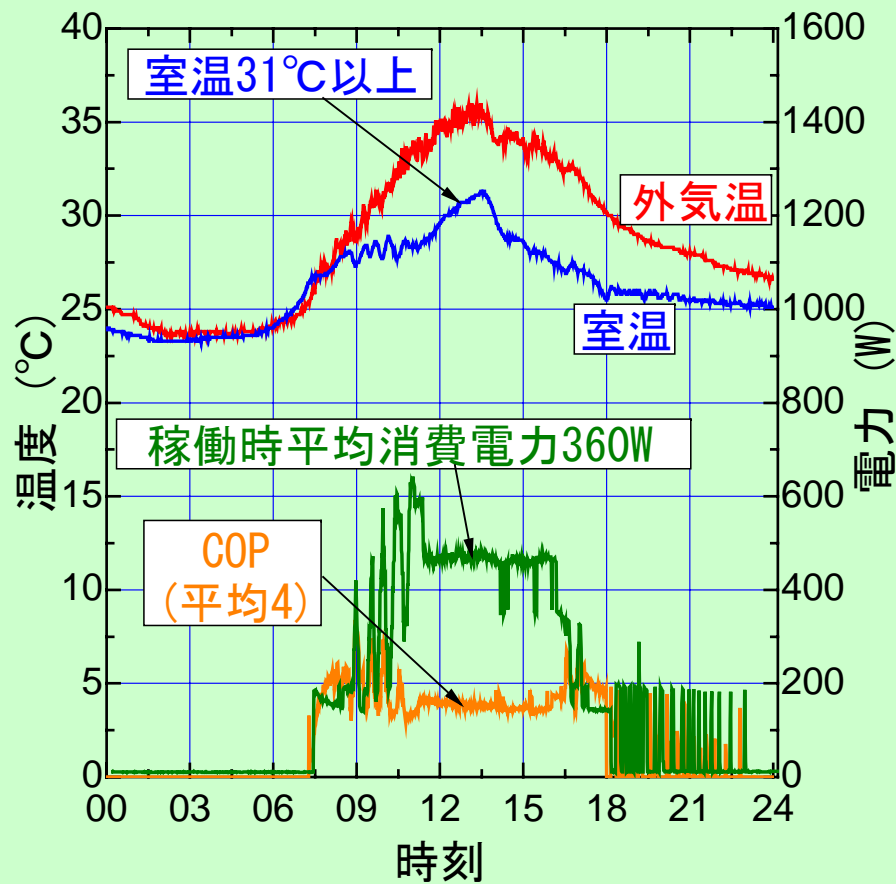


# 地中温度の変化状況

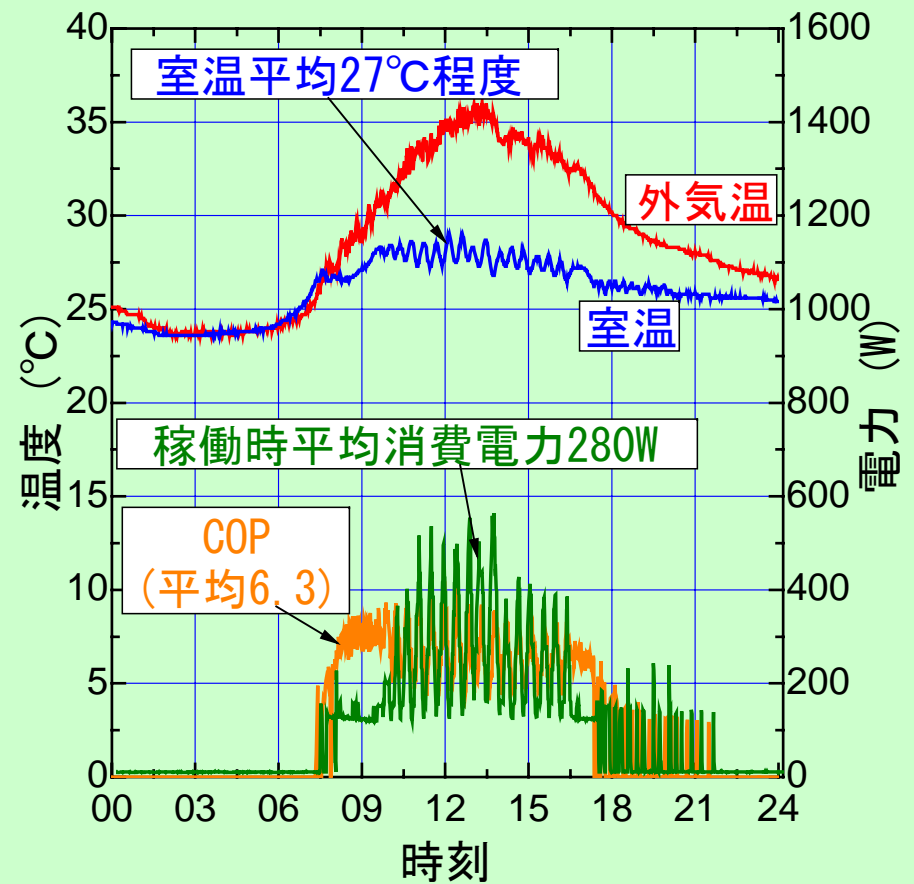




# <冷房試験> 空水冷比較試験結果



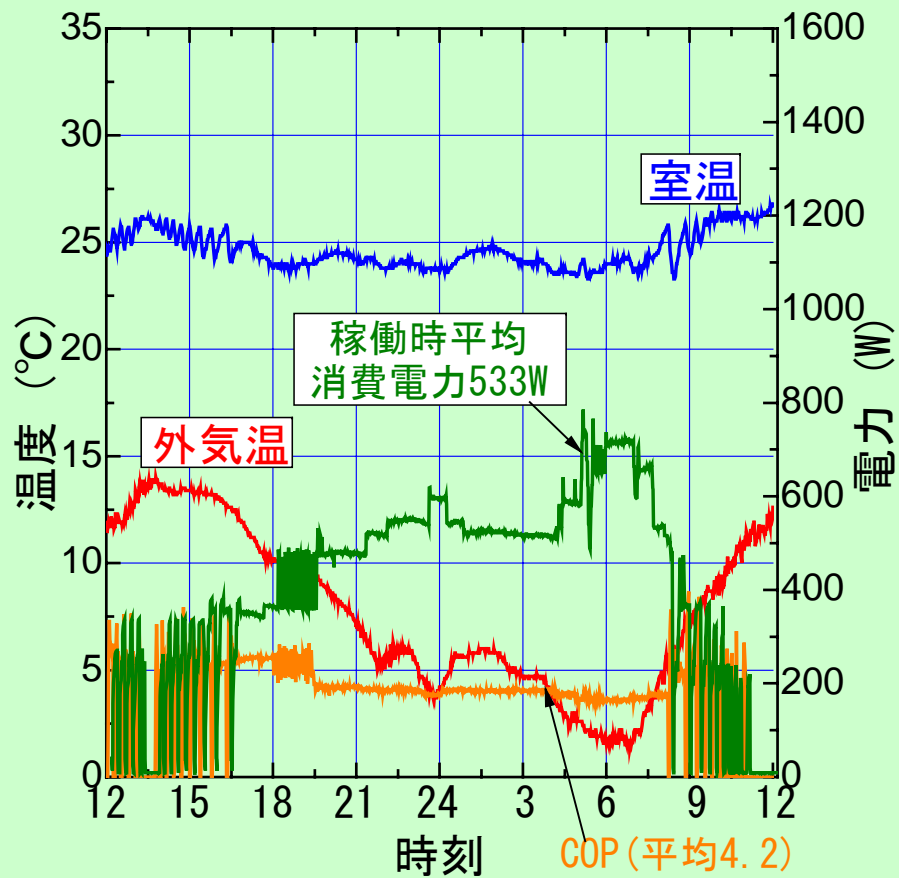
空冷:S棟



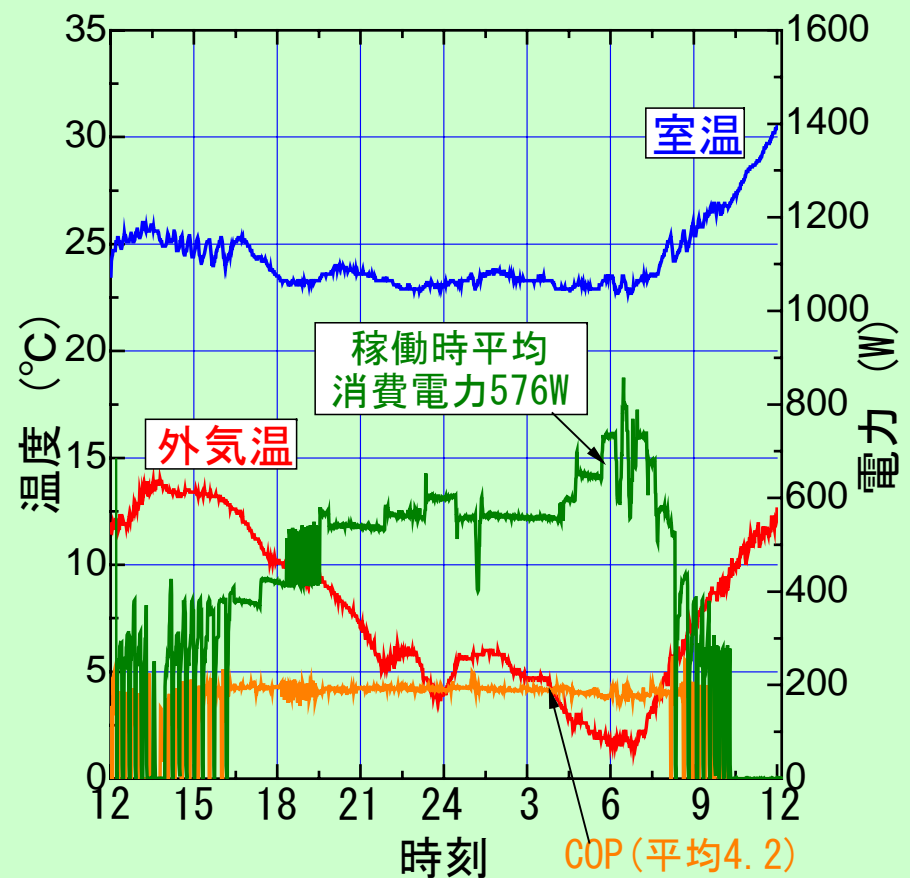
水冷:G棟

- 期間平均COP 空冷4.5 水冷6.0
- 33%の省エネルギーを達成

# <暖房試験> 空水冷比較試験結果



空冷：G棟

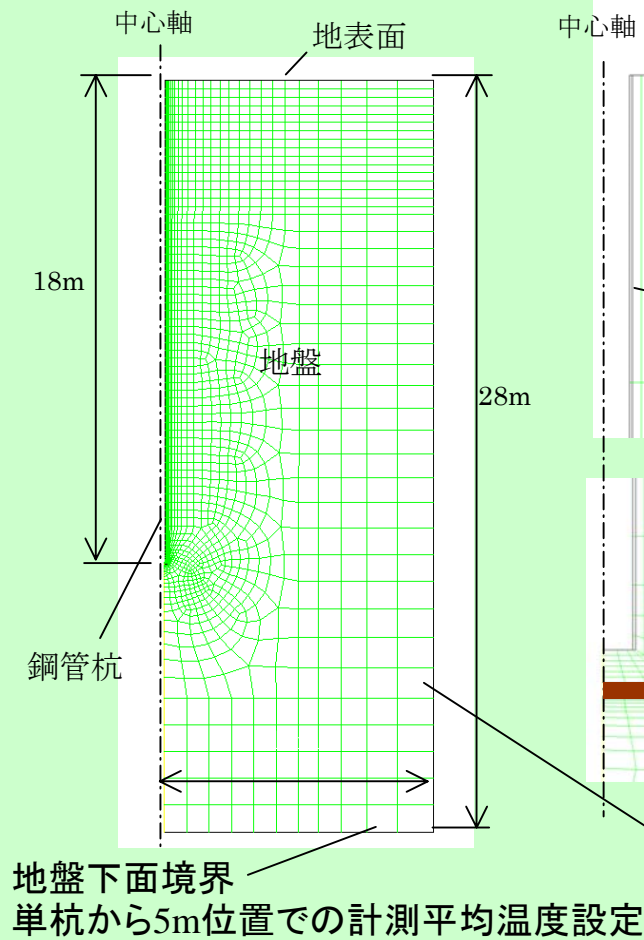


水冷：S棟

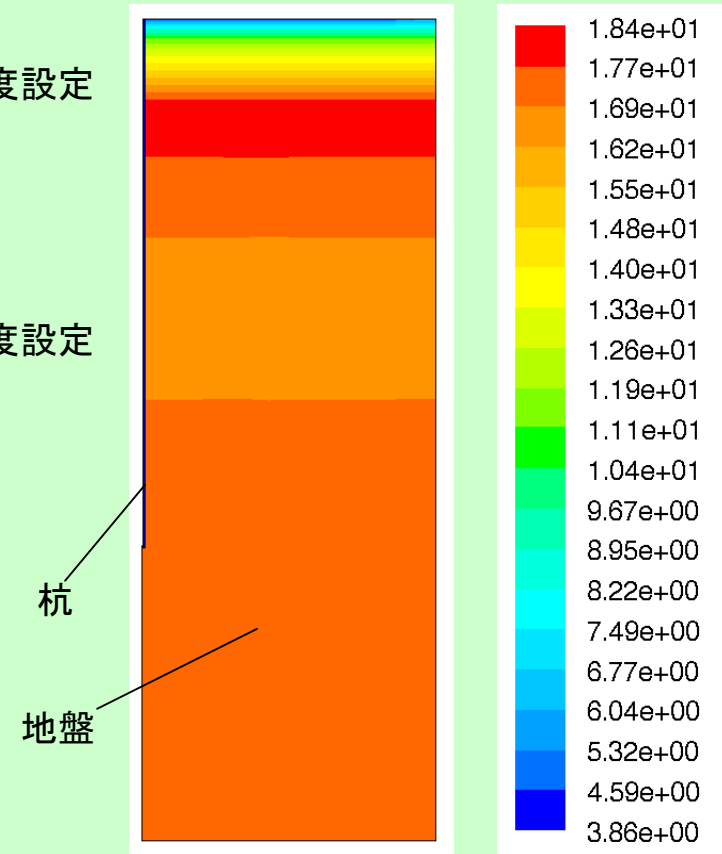
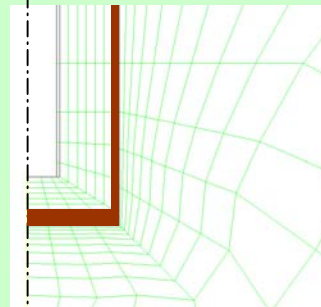
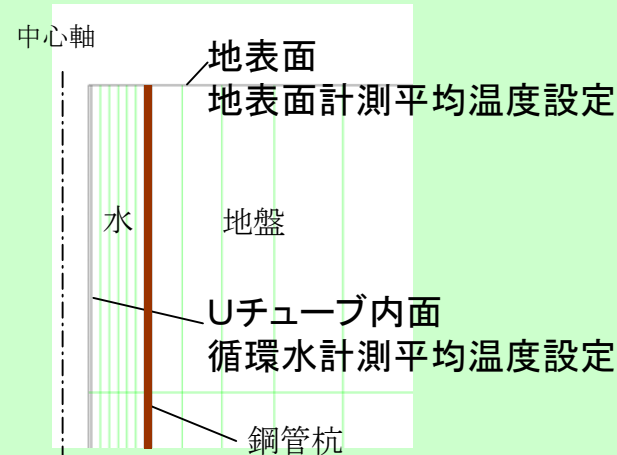
- 期間平均COP 空冷4.7 水冷3.8
- 昼～夜に空気熱源、深夜～早朝は地中熱源に優位性

# 熱伝導解析

- ・単杭とその周囲地盤を軸対称でモデル化
- ・Uチューブは1本の管として等価な径を設定、地盤の有効熱伝導率は一様に1.5(W/m/K)
- ・非定常流れ解析により、地盤への熱伝導および鋼管内充填水の対流現象把握

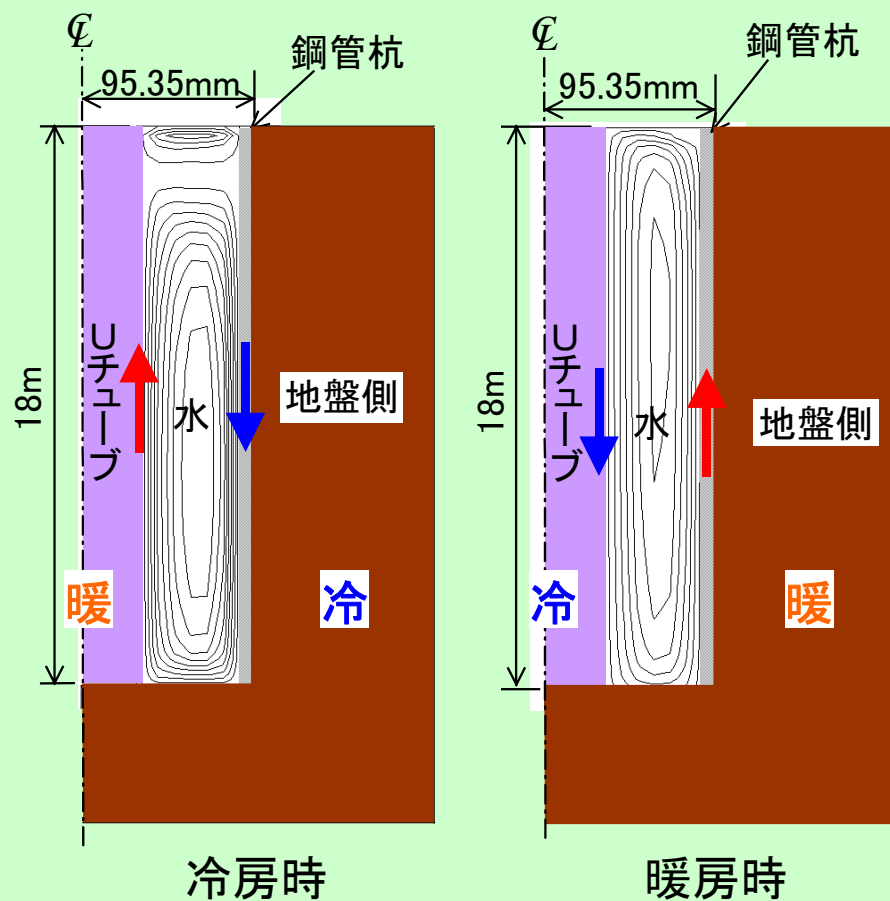


解析メッシュ図

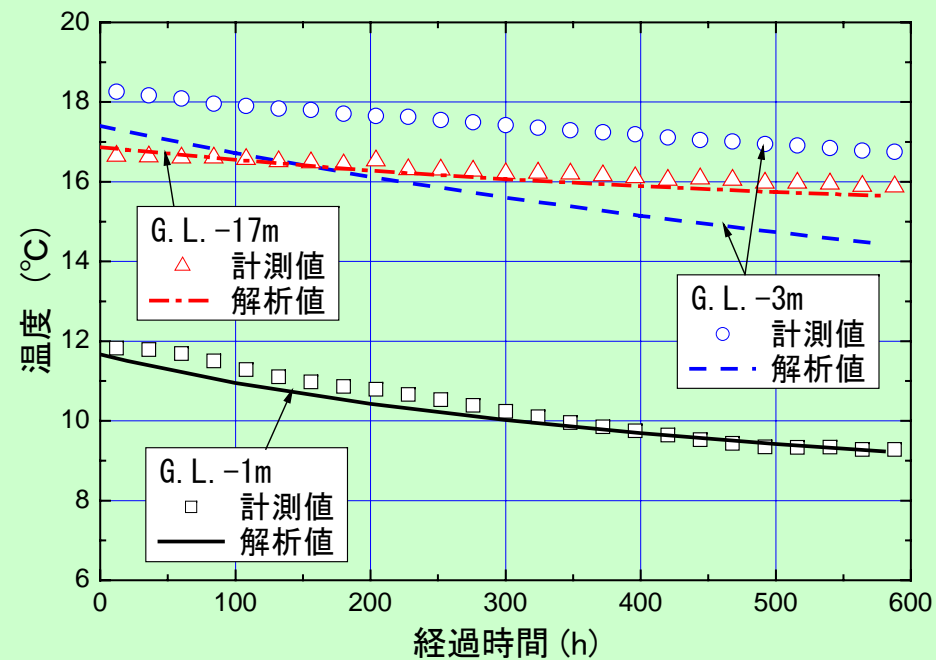


暖房試験: 地盤の初期温度分布  
(単杭から5m位置の代表日の計測値)

# 鋼管内充填水の挙動



鋼管内充填水の流線



暖房時の地中温度の計測値と計算値



# まとめ

- 長期供用試験では、単杭も群杭も十分な能力を発揮することを確認した。
- 冷房は地中熱源(水冷)方式が空冷方式より良好なCOPを示し、33%の省エネルギーを達成。
- 暖房時は条件付きで活用可能。
- 鋼管内に充填した水が対流現象を生じることにより、有効熱伝導率を向上させていることを確認。