

# 研究背景

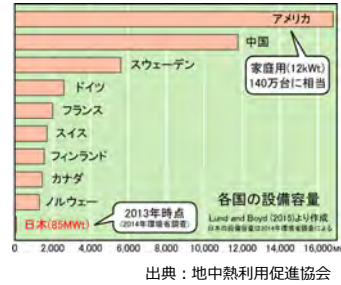
## 地中熱ヒートポンプ(GSHP)

- 省エネルギー性能が高いシステム
- 排熱を地中に放出するためヒートアイランド現象の緩和につながる
- いくつかの大型施設には導入されている



東京スカイツリー

釜無川レクリエーションセンター  
(山梨県甲斐市)



一般家庭への導入が進まない...

**問題点** 初期投資コストが高額

- ・地中熱交換器を挿入するボアホール掘削費用が高価
- ・地中熱ヒートポンプの価格が高価

# 研究目的

地中熱ヒートポンプにかかる費用を抑えるために...

**市販の水冷式ヒートポンプを使用する**  
水冷式ヒートポンプに地中熱交換器を取りつける

地中熱交換器を挿入するボアホールの掘削費用を抑えるために...

**既設の古井戸を使用する**  
昔農作等に使われていた古井戸が多く存在する  
2つの古井戸を利用



**水冷式ヒートポンプ**  
ダイキン工業株式会社  
**価格**  
500,000 円  
(HP:23kW,室内機2台)

**地中熱ヒートポンプ**  
ゼネラルヒートポンプ工業株式会社  
3,500,000 円  
(HP:30kW,室内機3台)

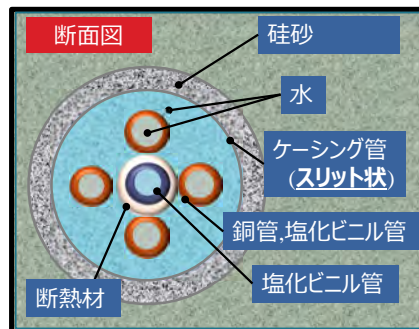
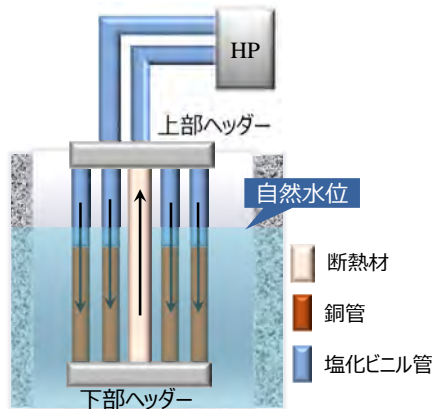
**ボアホール長**  
**本システム** 40 m(well)

**従来システム** 100~150m

## 研究目的

水冷式GSHPの実証実験を行い、地中への放射熱特性を明らかにするとともに、システム全体の性能評価を行うことで初期投資コストを抑えた水冷式GSHPの開発につなげる

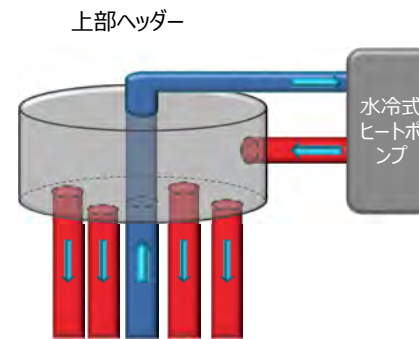
# 地中熱交換器



	内径	外径
銅管	21.6 mm	27.2 mm
塩化ビニル管	41.6 mm	48.6 mm
ケーシング管	204.7 mm	216.3 m

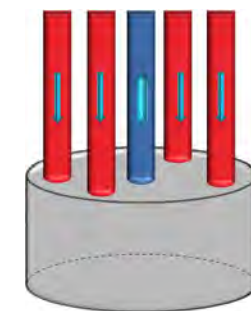
- 4本のパイプは銅管と塩化ビニル管からできている上部ヘッダーから8mは塩化ビニル管、8mから下部ヘッダーまで銅管で形成されている
- 1本のパイプは塩化ビニル管となっていて断熱材が巻かれている

# 上部・下部ヘッダー



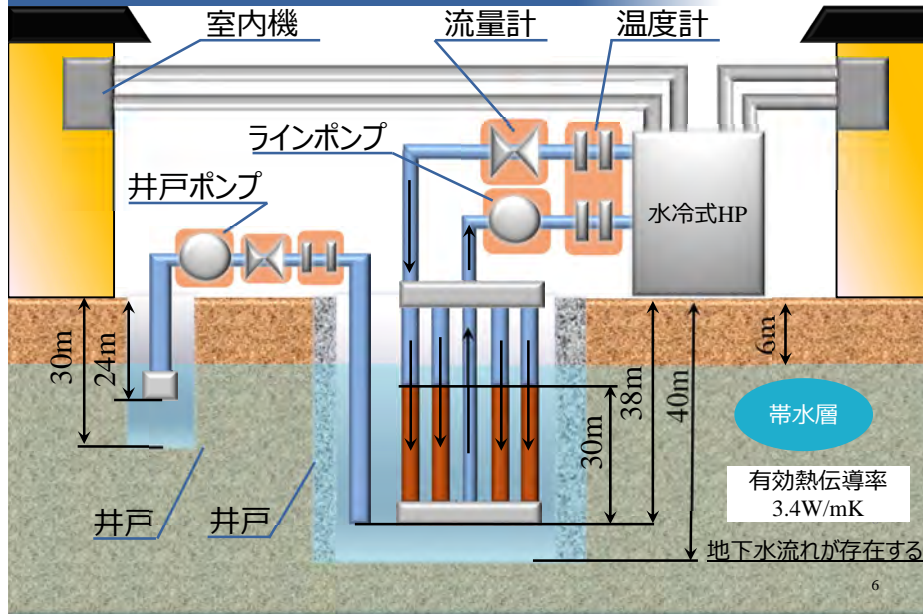
銅管とVP管でできた4本の採熱管が接合してある

## 下部ヘッダー



銅管とVP管でできた4本の採熱管とVP管でできた1本の採熱管が接合してある

## システム概要



## 発表項目

- 井戸ポンプによる地下水の注水を行わない条件での評価
- 井戸ポンプによる地下水の注水を行いボアホール内の温度を回復させる条件での評価
- ボアホール内への地下水の注水箇所の検討

## 性能の評価方法

### 評価方法

・COP(Coefficient of performance)

### 算出式

$$COP = \frac{\text{取得熱量}}{\text{消費電力}} = \frac{cpq(t_{out} - t_{in})}{W}$$

$c$ : 水の比熱 4.2 [kJ]  
 $p$ : 水の密度  $1.0 \times 10^3$  [ $kg/m^3$ ]  
 $q$ : ラインポンプ流量 [ $m^3/s$ ]  
 $t_{in}$ : ヒートポンプ入口温度 [ $^{\circ}C$ ]  
 $t_{out}$ : ヒートポンプ出口温度 [ $^{\circ}C$ ]  
 $W$ : 消費電力 (圧縮機) [kW]

### SCOP

地中熱交換機内の水を循環させるポンプ(ラインポンプ)と地下水の注水を行うためのポンプ(井戸ポンプ)の消費電力を含むCOP

- 算出したCOP、SCOPは一分毎の瞬時値

## 冷房運転時の評価 1

**運転時期** 2016年8月3日~5日  
 9:00 ~ 18:00 (9時間)

**室内機  
設定温度** 27°F

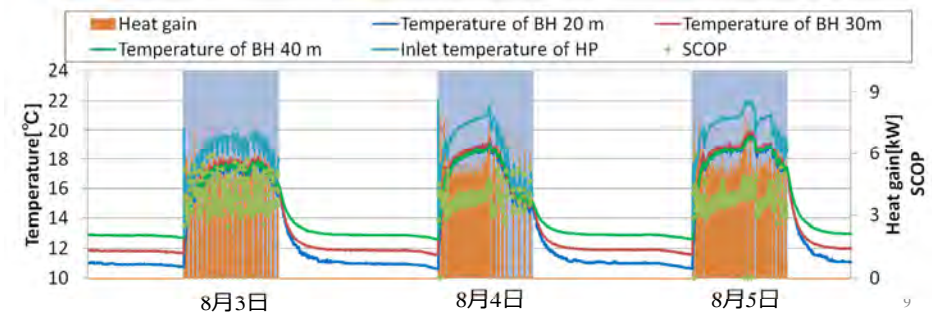
**水冷式HP** 22.4kW

**室内機** 5.6kW (1台)

- SCOPは3~5.5
- 取得熱量は6kW程度
- BH(ボアホール)の温度は最大で20°Fまで上昇
- BHの温度は運転停止後1時間程度で横ばい  
次の日の運転開始前までに地温が回復している

### 地下水の注水を行わない

6kW程度の取得熱量であれば地下水を注水しなくても省エネルギー性能を有する運転ができる



## 冷房運転時の評価 2

運転時期 2015年8月18日  
9:00 ~ 18:00 (9時間)

室内機設定温度 27°F

水冷式ヒートポンプ 22.4kW

室内機 5.6kW (2台)

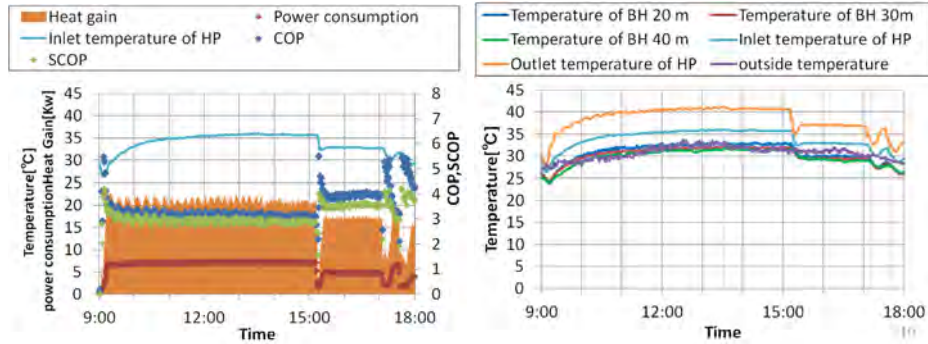
●SCOP 高負荷時: 約2.8 低負荷時: 約3.5~4

●BHの温度は最大で約32°F  
K S入口温度は最大で約35°F

●HP入口温度が高いためSCOPが低い

●最大取得熱量は約22.4kW  
熱交換する採熱管の長さが30mでも熱交換面積を増やすことで十分熱交換ができる

### 地下水の注水を行わない



## 冷房運転時の評価 3

運転時期 2015年8月16日  
9:00 ~ 18:00 (9時間)

室内機設定温度 27°F

水冷式ヒートポンプ 22.4kW

室内機 5.6kW (2台)

● 地下水を注水している時はBH, HP入口温度が低下している

● SCOP 高負荷時: 約3~3.5 低負荷時: 約4~5.5

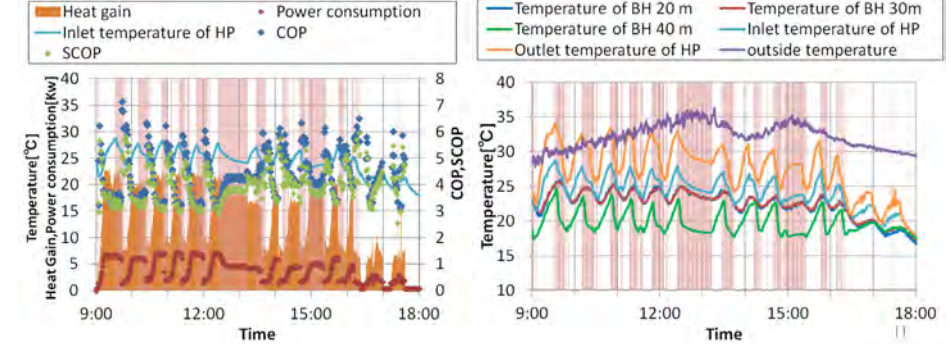
### 地下水の注水なしの条件での結果

SCOP 高負荷時: 約2.8 低負荷時: 約3.5~4

省エネルギー性能の高い運転をするためには地下水をくみ上げポアホール内に注水することは有効

### 地下水の注水により地温を回復

● 地下水の注水により地温を回復している



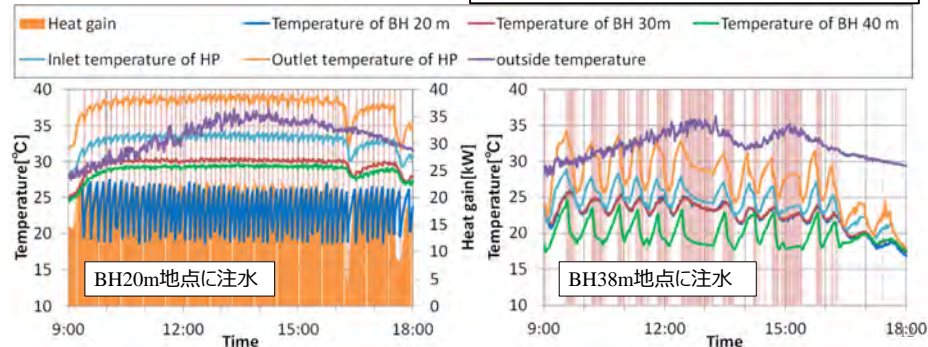
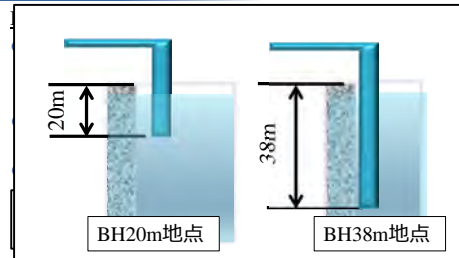
## 冷房運転時の評価 4

運転時期 2015年7月13日 BH20m地点  
2015年8月16日 BH38m地点  
9:00 ~ 18:00 (9時間)

室内機設定温度 27°F

水冷式HP 22.4kW

室内機 5.6kW (2台)



## 暖房運転時の評価 1

運転時期 2016年11月7日  
2016年11月9日  
22:00 ~ 翌日5:00 (7h)

室内機設定温度 20°F

水冷式HP 25.2kW

室内機 6.3kW (1台)

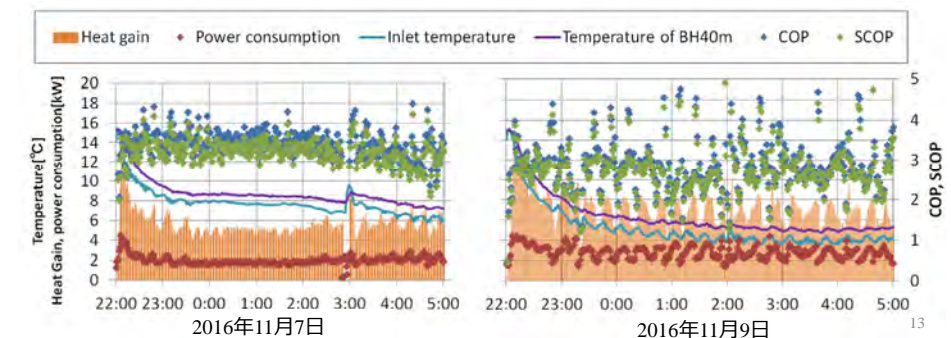
● 左の図 SCOPは2.2~4, 右の図 SCOPは2.1~4.6

● 運転が続きHP入口温度が低下している

● HPへの負荷が大きい運転が続くと採熱管内の水が凍結する可能性がある

採熱管内の水の凍結の可能性を考え暖房運転時に地下水の注水を行わない条件での運転は有効ではない

### 地下水の注水を行わない



## 暖房運転時の評価 2

運転時期 2016年1月17日  
2015年12月23日  
22:00 ~ 翌日5:00 (7 h)

室内機設定温度 20°F

水冷式HP 25.2kW

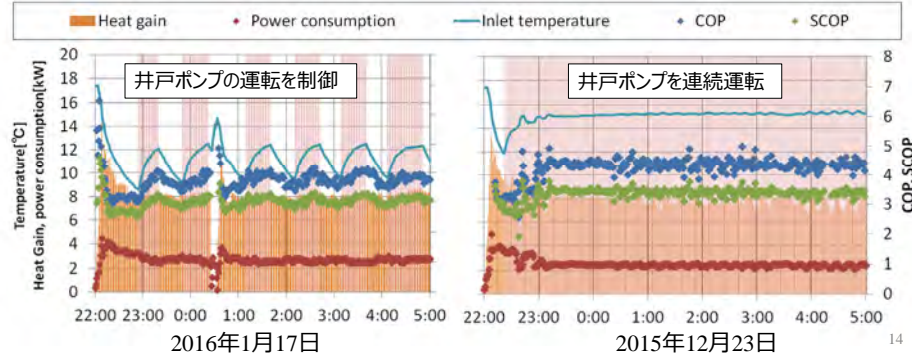
室内機 6.3kW (2台)

地下水の注水により地温を回復

- 井戸ポンプを制御すると注水している時はSCOPが高くなっている
- 井戸ポンプを連続運転するとSCOPが下がることなく一定の数値を示している

運転中地下水の注水を常に行うことでSCOPが下がることなく省エネルギー性能を有する運転ができる

- 最大取得熱量は12kW
- 熱交換器の熱交換面積を増やし、取得熱量を増大させればより高い省エネルギー性能を有する運転が可能



## 暖房運転時の評価 3

運転時期 2014年12月7日 BH20m地点  
2016年1月17日 BH38m地点  
9:00 ~ 18:00 (9時間)

室内機設定温度 20°F

水冷式HP 25.2kW

室内機 6.3kW (2台)

- BH20m地点に注水した場合、BH20m地点が注水により何度も上昇しているが、20m、30m、地点の温度はほとんど回復していない
- ヒートポンプ入口温度がBH38m地点に注水した方が高い

地下水を注水する箇所はBH20m地点よりも38m地点の方が省エネルギー性を高めるのに有効である

