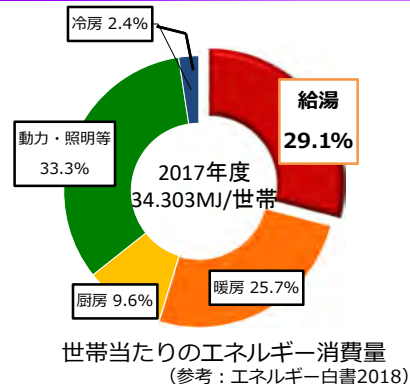


地球温暖化問題

家庭におけるエネルギー消費量を削減する必要性が増大

家庭のエネルギー需要の3割：給湯

熱源：ガス、石油などの化石燃料



地中熱ヒートポンプ

浅い地盤に存在する低温の熱エネルギー（地中熱）を利用

- ✓ 省エネルギー性に優れ、CO<sub>2</sub>排出量の削減が期待
- ✓ 年間を通して安定した温度であるため、空気熱ヒートポンプに比べランニングコストを低減

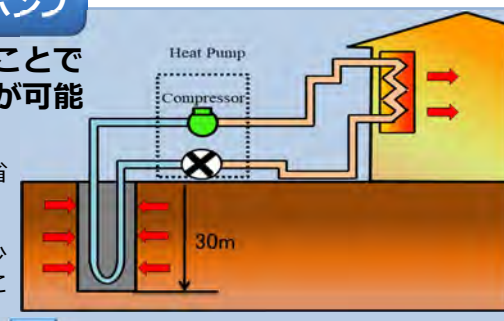
問題点 高価なイニシャルコスト

家庭への普及の妨げ

直接膨張方式地中熱ヒートポンプ

冷媒配管を地中に埋設することで地中と直接熱交換することが可能

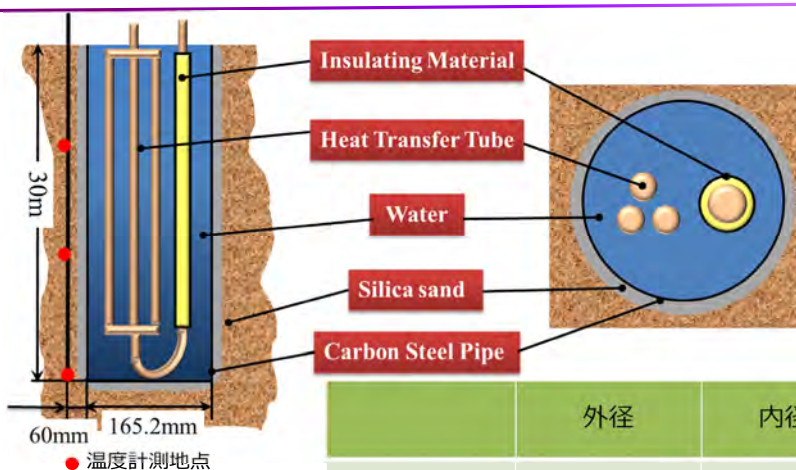
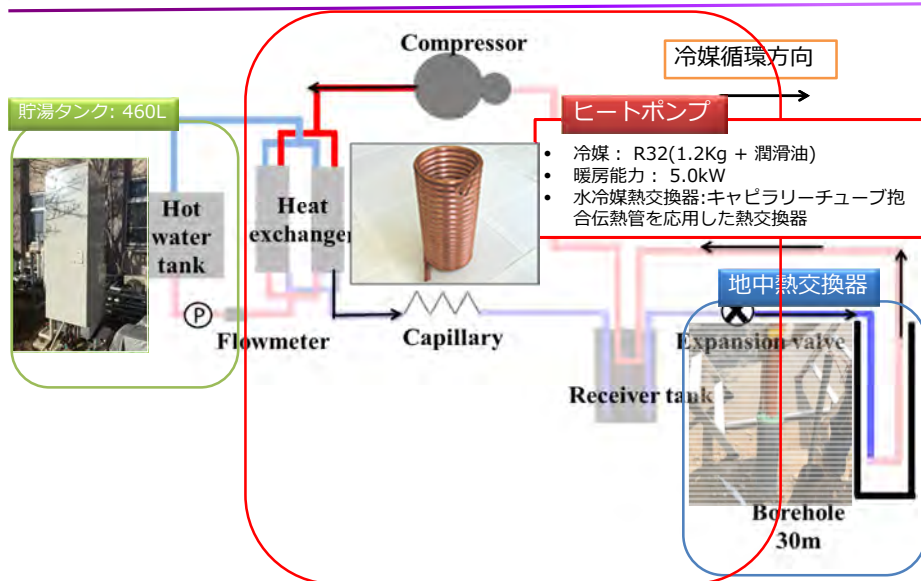
- ✓ 不凍液を利用した間接方式に比べ省エネルギー性に優れる
- ✓ 循環ポンプが不要なため部品数が少なく、イニシャルコストを抑えることが可能



直接膨張方式地中熱ヒートポンプを家庭へ普及させることで、地球温暖化問題へ貢献できる

研究目的

給湯専用直接膨張方式地中熱ヒートポンプを用いて一般家庭での使用を想定した長期間運転を行い、地中温度の回復状況や地中温度の低下が性能に与える影響を明らかにすることを目的とした。



冷媒循環方向  
1本→3本

	外径	内径
ケーシング管	165.2mm	155.2 mm
採放熱管	6.35 mm	4.35 mm

# 実験条件

実験期間	2019年4月20日～5月20日
実験開始時刻	23:00 (夜間電力)
給水温度	水道水温度
沸上温度	68.5 °C
沸上量	460L
運転終了目標水/冷媒熱交換器入口水温	38.5 °C

直接膨張方式地中熱ヒートポンプの性能評価には、システム成績係数 (SCOP) を用いた

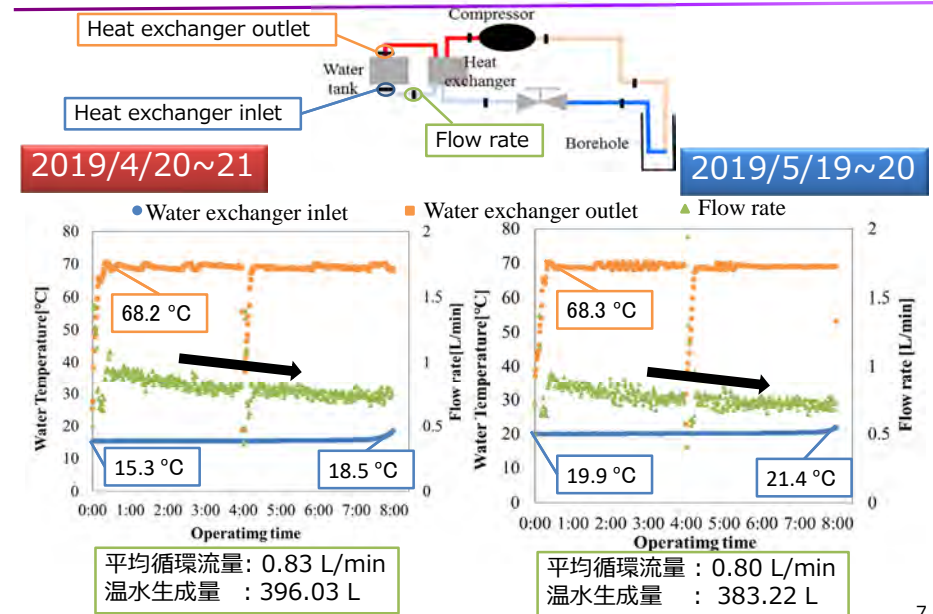
成績係数 : SCOP (System Coefficient of Performance)

$$SCOP = \frac{c \times \rho \times q \times (t_{out} - t_{in})}{P}$$

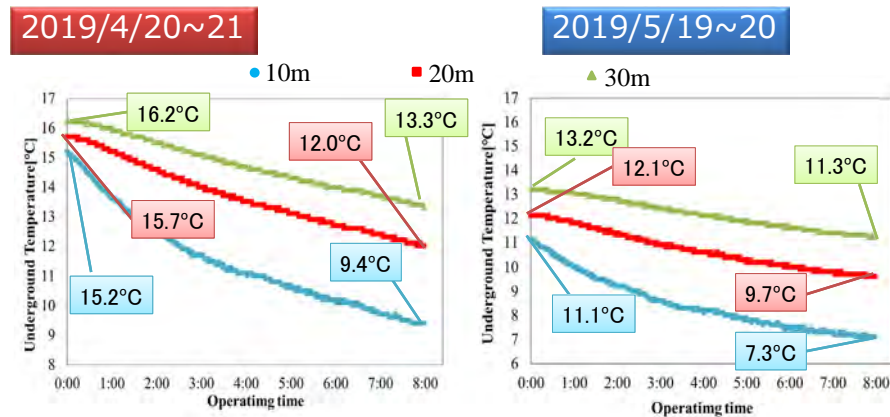
c: 水の比熱 4.2[kJ/(kg · K)]  
 ρ: 水の密度 1.0 × 10<sup>3</sup>[Kg/m<sup>3</sup>]  
 q: 流量 [m<sup>3</sup>/s]  
 t<sub>in</sub>: 熱交換器入口水温[°C]  
 t<sub>out</sub>: 熱交換器出口水温[°C]  
 P: 消費電力[kW]

※ 本実験で使用したラインポンプは圧縮機の消費電力に比べ非常に小さいため COP=SCOPとして評価した

# 実験結果(水/冷媒熱交換器入口・出口水温、循環流量)



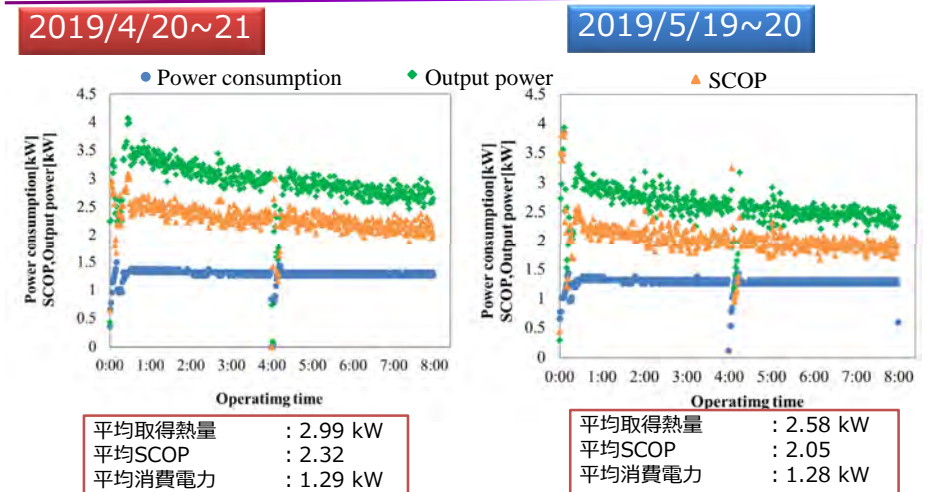
# 実験結果 (地中温度)



- ✓ 1ヶ月間の運転で地中温度が低下
- ✓ 運転開始時と比較すると10m地点で4.1°C, 20m地点で3.6°C, 30m地点で2.0°C低い

➡ 地中温度が十分に回復しておらず、採熱の補助的なシステムとして水を注水する必要がある

# 実験結果 (性能評価)



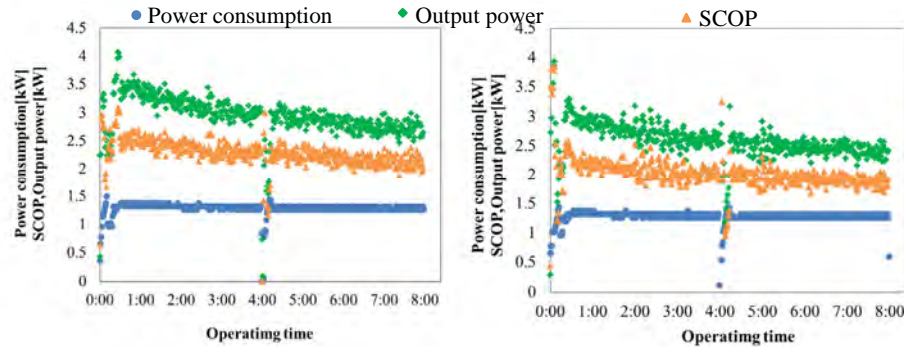
➡ 取得熱量は13.7%, SCOPは11.6%減少  
 ➡ 地中温度の低下を抑える必要がある



# 実験結果 (性能評価)

2019/4/20~21

2019/5/19~20



	実験初日	最終日
熱交換器単位長さ当たりの取得熱量	0.1kW/m	0.086kW/m

暖房能力5.0kWを満たすためには地中からさらに2.42kWの熱を採熱する必要があり採放熱管を28m以上延長する必要がある

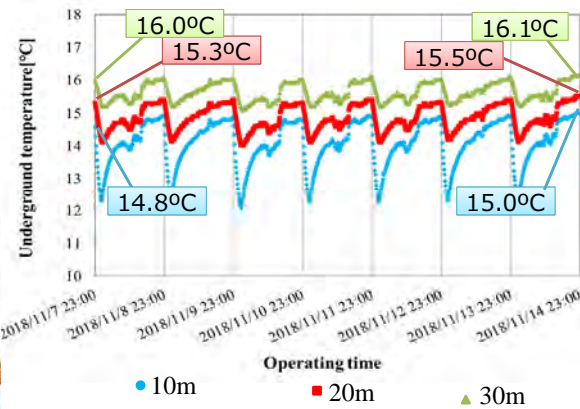
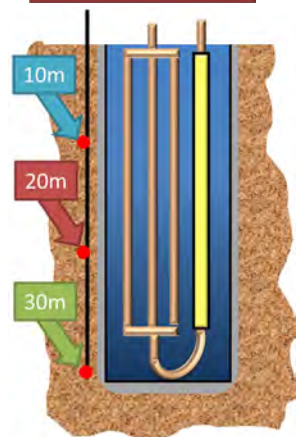
# 実験条件

排出量を減らした場合の地中温度の回復状況や温水生成時間について調査する

実験期間	2018年11月7日~ 11月14日	2018年12月6日~ 12月13日
排出量	200L	300L
運転終了目標水/冷媒熱交換器 入口水温	38.5 °C	
実験開始時刻	23:00 (夜間電力)	
沸上温度	68.5°C	
給水温度	水道水温度	

# 実験結果 (地中温度)

排出量200L



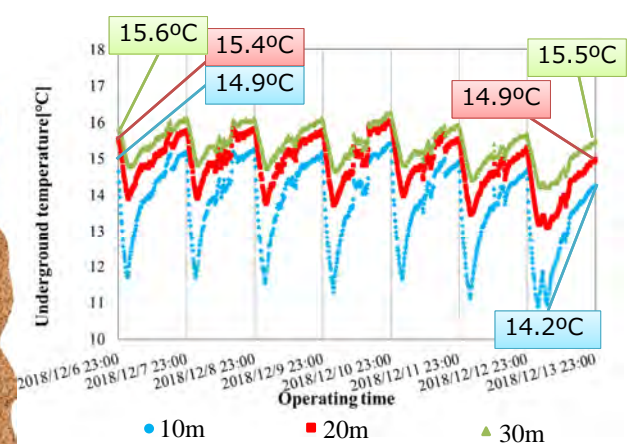
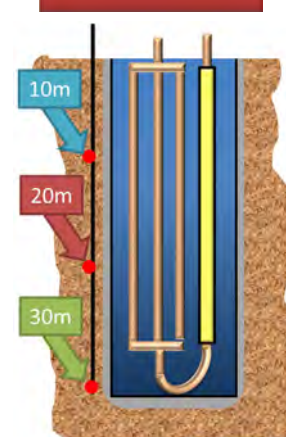
最終日の地中温度は初日に比べ十分に回復している  
 ➡ 負荷が少なく運転時間が短いため、ポアホール1本での連続運転が可能

10m地点の温度変化が激しい  
 ➡ 10m地点で多くの冷媒が蒸発していることが考えられる

● 温度計測地点

# 実験結果 (地中温度)

排出量300L



実験終了時の地中温度は実験開始時に比べ10m地点で0.7°C, 20m地点で0.5°C, 30m地点で0.1°Cの低下

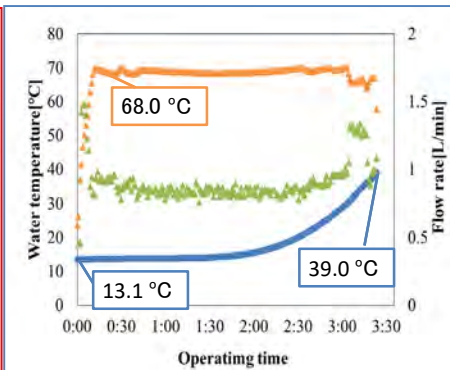
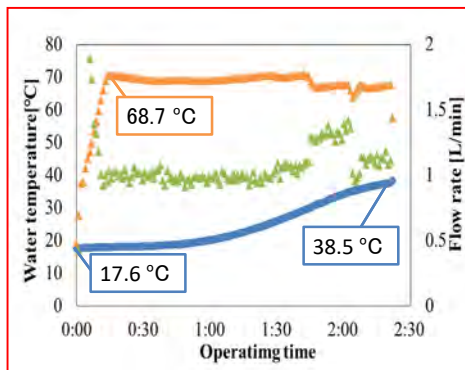
● 温度計測地点

実験日：2018年11月7日～8日

実験日：2018年12月6日～7日

排出量：200L

排出量：300L



● Water exchanger inlet    ■ Water exchanger outlet    ▲ Flow rate

運転時間：2時間23分

運転時間：3時間25分

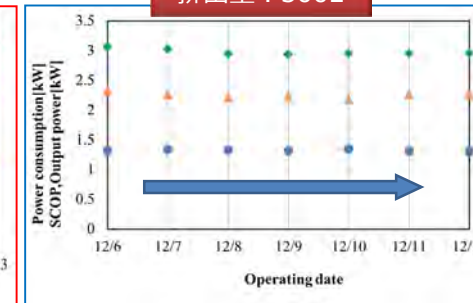
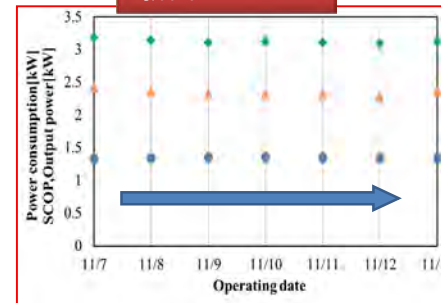
14

実験期間：2018/11/7～11/14

実験期間：2018/12/6～12/13

排出量：200L

排出量：300L



● Power consumption    ◆ Output power    ▲ SCOP

排出量200L

➡ 地中温度の低下が見られなかったため、取得熱量、SCOPともに変動はない

排出量300L

➡ 10m地点で0.7℃、20m地点で0.5℃、30m地点で0.1℃の低下したが、取得熱量、SCOPへの影響は見られなかった。

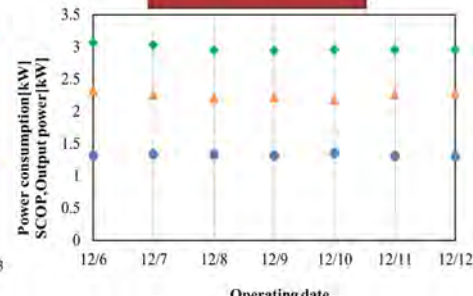
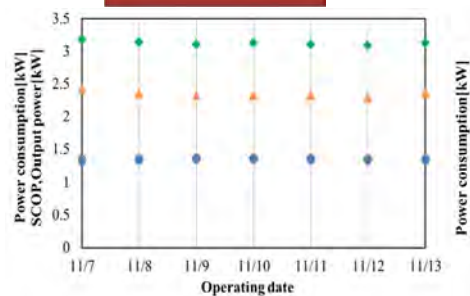
15

実験期間：2018/11/7～11/14

実験期間：2018/12/6～12/13

排出量：200L

排出量：300L



● Power consumption    ◆ Output power    ▲ SCOP

運転時間

	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
沸上量200L (h:min)	2:26	2:27	2:52	2:34	2:41	2:32	2:40
沸上量300L (h:min)	3:25	3:27	3:49	4:00	3:59	4:01	4:00

16