

補助事業番号 2019M-179

補助事業名 2019年度浅層地中熱を利用する家庭用及び産業用直接膨張方式地中熱ヒートポンプの空調給湯性能実証試験補助事業

補助事業者名 山梨大学大学院・教授・武田哲明

## 1 研究の概要

地中熱ヒートポンプは、夏は気温より低く、冬は気温より高い地中温度を利用することから、空気熱ヒートポンプよりも省エネ性に優れている。直接膨張方式地中熱ヒートポンプは、冷媒を直接地中で循環させることにより熱交換効率を向上させ、ボアホール深さを短縮することで設置コストを低減することが可能であり、従来型の間接方式よりも省エネ性、経済性に優れている。しかしながら、一部の施設に試験的に導入されてはいるものの、長期連続運転時の熱交換性能、地盤環境への影響、掘削コストの低減など、実用化に向けて明らかにすべき課題がある。

## 2 研究の目的と背景

直接膨張方式地中熱ヒートポンプの実用化に向けて残された課題は、水/冷媒熱交換器の高性能化によるシステム全体の性能向上、単位深さ当たりの採放熱量が増大することに伴う高負荷連続運転時の対応、採放熱量の増大に伴う浅層地中熱利用の限界条件等の把握、である。そこで、実用化への基準システムとなる3並列ボアホールを用いた場合、水平型地中熱交換器を用いた場合の冷暖房給湯性能、地盤への環境影響、等を明らかにして、且つ経済的には5年以下で初期投資コストの回収が可能な省エネシステムを構築することが目的である。

## 3 研究内容 (URL: <http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/takeda/research3.html>)

図1、2は前年度までに製作・設置、実験を行った3 - 1型地中熱交換器、直接膨張方式ヒートポンプと地中熱交換器である。図3は7時間運転における直径150mmの採熱管表面温度と水温との温度差、COPの変化である。図4は1週間の連続運転での採熱管表面温度とCOPの変化を示している。暖房が連続して行われている時の平均COPは5.9となった。10mの住宅用鋼管杭を用いて地中熱交換器を挿入する方法を用いた場合の冷暖房空調性能を求めた。図5は冷房運転を8時間実施した際のCOP、取得熱量、消費電力の時間変化を示している。図から運転開始1時間程度は取得熱量や消費電力が高くなるが、その後運転は安定し、運手安定後の平均COPは4.7、平均取得熱量は2.79kW、平均消費電力は0.59kWとなり、運転終了時ではそれぞれの値が4.4、2.76kW、0.62kWと推移した。この結果から、運転期間中、取得熱量は約2.8kWと安定して取得することができており、また、消費電力の増加もほとんどみられないことから、今回使用した10m×12本の地中熱交換器で十分安定した運転が可能であると考えられる。図6は水循環による水冷方式を併用した場合のCOPへの影響を示す。図に示すように、1分間3リットルでボアホール内に注水を行い、上部から溢水として排出するような構造となっている。この溢水は、排出時に1℃の上昇で約1.26kWの熱量補助となっており、ボアホール内水温の定常状態時には全体出力の約4%に相当する。注水ポンプ稼働中には、ヒートポンプ動力とは別に注水ポンプ動力が加算されるため、SCOPが低下する。そのため、期間中の平均出力と消費電力から低下率を計算すると、冷房時には5.6%、暖房時には7.3%の性能低下が確認できた。

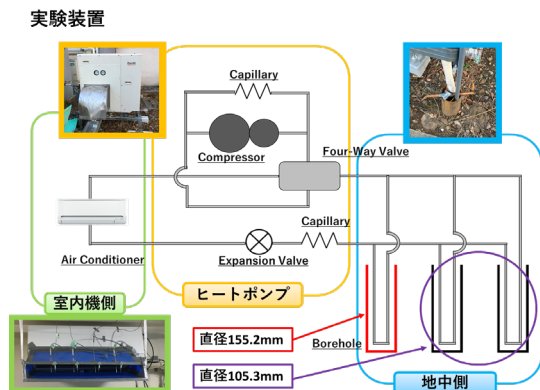
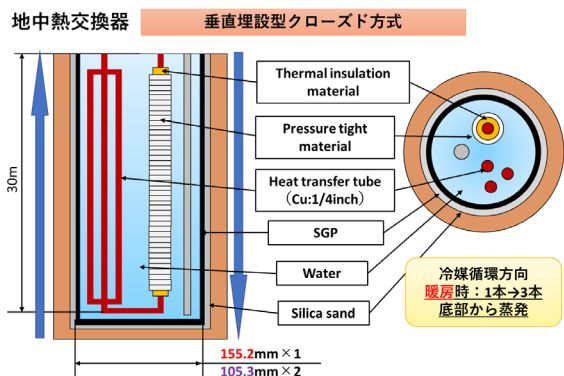


図1 地中熱交換器

図2 直接膨張方式地中熱ヒートポンプ

実験結果（7時間暖房運転の性能評価）

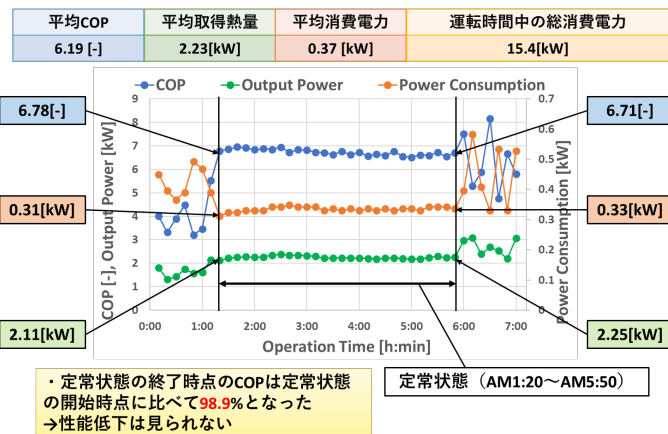


図3 採熱管表面温度と水温との温度差, COPの変化

実験結果（1週間の連続暖房運転）

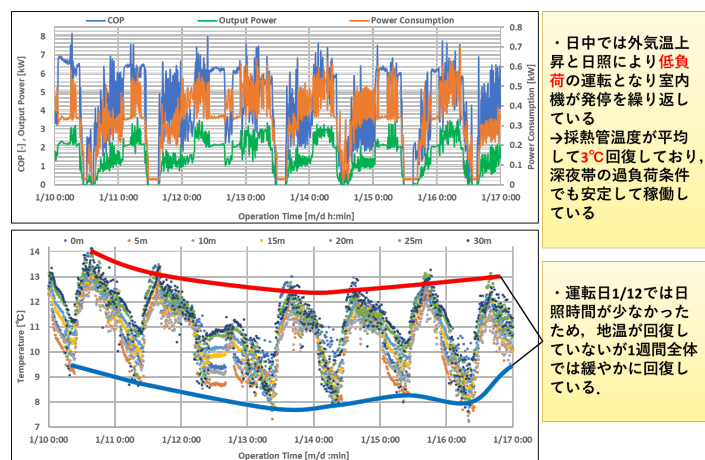


図4 採熱管表面温度とCOPの変化

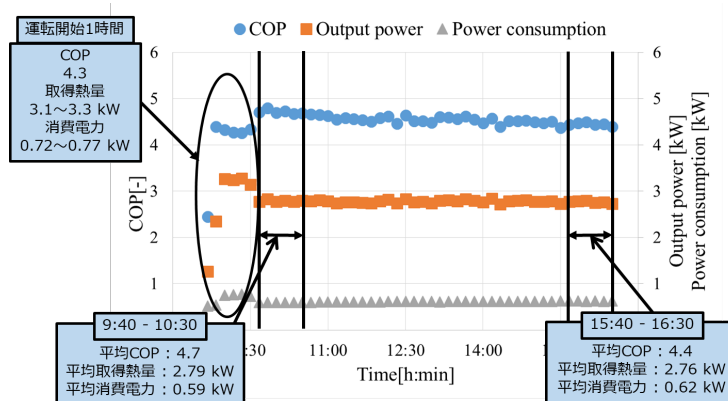


図5 冷房間欠運転結果の一例

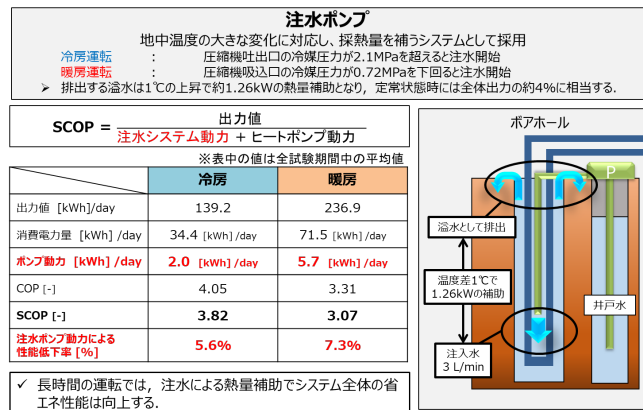


図6 水循環注水システムの効果

4. •%Ê'2FÜ &k FûFûFÖ qFÜFâG G FÜA÷  
 '5 ¼!ÖG`GŠGVGkG•GeFp988Fp í cF, \* #" CF÷Fp . c ifÜFÿ ö+ FÜ \* WFéG FãFøFÜG F,  
 ¼ Fû s8jFâG FúFÔ ... p!ÖG`GŠGVGkG•GeFp%,G6G[ ò+ Fû fG FöFÔG F¹FçFÜFçFúFÜG F, ' ¶°Fp6ë  
 K % 'F÷FÿF,(Ü100mÝFâFÜ ö =FøFúG G :!Ö#ÝGjG0GiGŠGyFp @ PG G`GŠGVGkG•Ge • /F,4Ä'ö ,FÝ  
 GFç¼Fp9×100\*(GAGGGVFÜ e8GFFäF20mG G xFÔ%\$ K+~ G % ' ... p!ÖG`GŠGVGkG•GeFp  
 6ä\$Í 0ÉFÜG G F,0¿\*(G%4 3?GAGGGVGŠ\*GF,¶FÜ Š Fp `FâFÔ p#ÝFp'51\*)% .0¿ Fp  
 G FúG FêF, Ž 0¿¼Fp)% .0¿ F,3° #ÝGjG4GGFp'50¿ ¼FûG 7Â0[FÜFÒGX¶Fp ... p!Ö  
 G" Ý\$×Fû <#ÝF÷FÝG %\$ K+~ G %.'p!ÖG`GŠGVGkG•GeFÜ #Ý ifâG G G F,"ifû0¿ GAGGGVFp P  
 öF, IG ' ¶FpG6G0GAG•Fû ¾G fG Fî%,G6G[ ò+ FûG G F, + i#ÝFpG FúG Fê#0FçFçFç¼  
 !ÖG`GŠGVGkG•GeG G:GG)% . µFp æ p µFøFçFöF,3° <#ÝF÷FÿF,GjG4GG'51\*G Fp4:#ÝF, Ž <0¿F÷  
 FÿF,GjG2GwFÜG G • GEGGGTGnFp/ð "FÖG FÖFÿ æ p µFçFçFö+ öFÜ9×FB,%G6G[GEGG  
 GTGnFp S( FÿG FñG G#FãFøF,¶ 0F,34ß ì !c(òFp < P öFûG G F,G6G[GyG<GŠGAGGGV P ö  
 FÜ WG G GEGGGTGnFp6ä\$ÍFû)ÄFÜG FãFøFÜ ‡ ...FâG G F¹

5 M TG%%Ê'2 TFp vG FûFúFâG Ò G%Ê'2Fp )\*(FöFâ  
 #~F, ; ÓFÜG Fp/ð "5 ¼FÜ1 G G G FöFÔG ... p!ÖG`GŠGVGkG•GeFp ¥ µFû  
 FÚFÔFö æ pGcGçFp!ÖG" — !F, 水G P p ®Fø!Ö ° nFâFèFø,FíFp!ÖG" ... pFø G :!ÖFâFèG 6ë

K方 'Fû7HG G FöFÔG F<sup>1</sup>F<sup>1</sup>óFöF, í yG"%\$ K ... pFû F<sub>2</sub>Fö G :!ÖFåFëG %\$ K+~ G方 'FÿF,  
fG Fi%,G6G[ ö+ F,0¿ GAGGGVFp P öFÜ ‡ ..FöG FöF,/ö "5 Fp P1ßFøFçFö1 G G G FöFÔFú  
FÔFíFäFF, #Ý ìG Fp vG ) G FøFçFöF,•%Ê'26ä\$îG")\*(FöFáFöFöF<sup>1</sup>

6 •%Ê2FûFûFûG G %±2 G%\$î/21= e'<sup>1</sup>/<sub>4</sub>  
¥•µ" Û !Ö d ÛGAG•GcG/GzG•G191n ‡1= e7Y17F18F2019.10.12-13  
¥•µ" Û 6ö ¾-4Š £•1n ‡ 20 191n ‡1= e7Y76F2019.1019  
¥•µ" Û 6ö ¾-4Š" 26 ‡)r G%1n ‡ 1n ‡1= e7Y17F18F20203.16Að17  
2020 °Ø¥•í p'51\* Û ° ± 1n ‡1= e7YÄ 343F2020.911  
2020 °Ø¥•í p'51\* Û ° ± 1n ‡1= e7YÄ34 4F2020.9.11  
¥•µ" Û 2020 °Ø ° ± 1n ‡1= e7YFJ05304F2020.9.1316  
¥•µ" Û £•1n ‡ 20 20 °Ø 1n ‡1= e7YÉ32F2020.11.22  
%\$ K+~ G %' ... p!Ö`GŠGVGKpöe0Û oH 3 (± ° ... p!Ö° n pG" #ÝFÔFi æH F,í p'5  
1\* Û 1= e7Y2020 °F,Vol.37No.3

7 /ö "¡ Fû €G B Ý"@  
/ö "¡ è ¥F÷ \¡ FûFûFöFö 8 BFçFiG Fp



8 ¡ Æ FûFöFöFöFp eFÔ æG Fè >  
d "µ6ö ¡ H £• ± Û ± Û7T)r æ%Ê'24Š H GrGIGXGEGNGZKG4GB04•G;GçG#  
+ dH FÈ4008511  
£•%4#å Ó wJ#ã D N% H H H H  
, \ \*H M 5 J#ã 4 Â H GMCG3CGRG;G;  
, \ 4 Š\*+H d Û æ µ" d Û(Ô HGAG4G:G=GCG9G2GAGG?G2  
E - m a i lH ttakeda@yamanashi.ac.jp  
H 1 H H http://www.yamanashi.ac.jp/