

海外向け地中熱対応BTW

門脇仁隆* 梁池 悟**
辻 裕介*
山野善生*

Brine to Water Heat Pump for Ground Source Application

Kimitaka Kadowaki, Yusuke Tsuji, Yoshio Yamano, Satoru Yanachi

要 旨

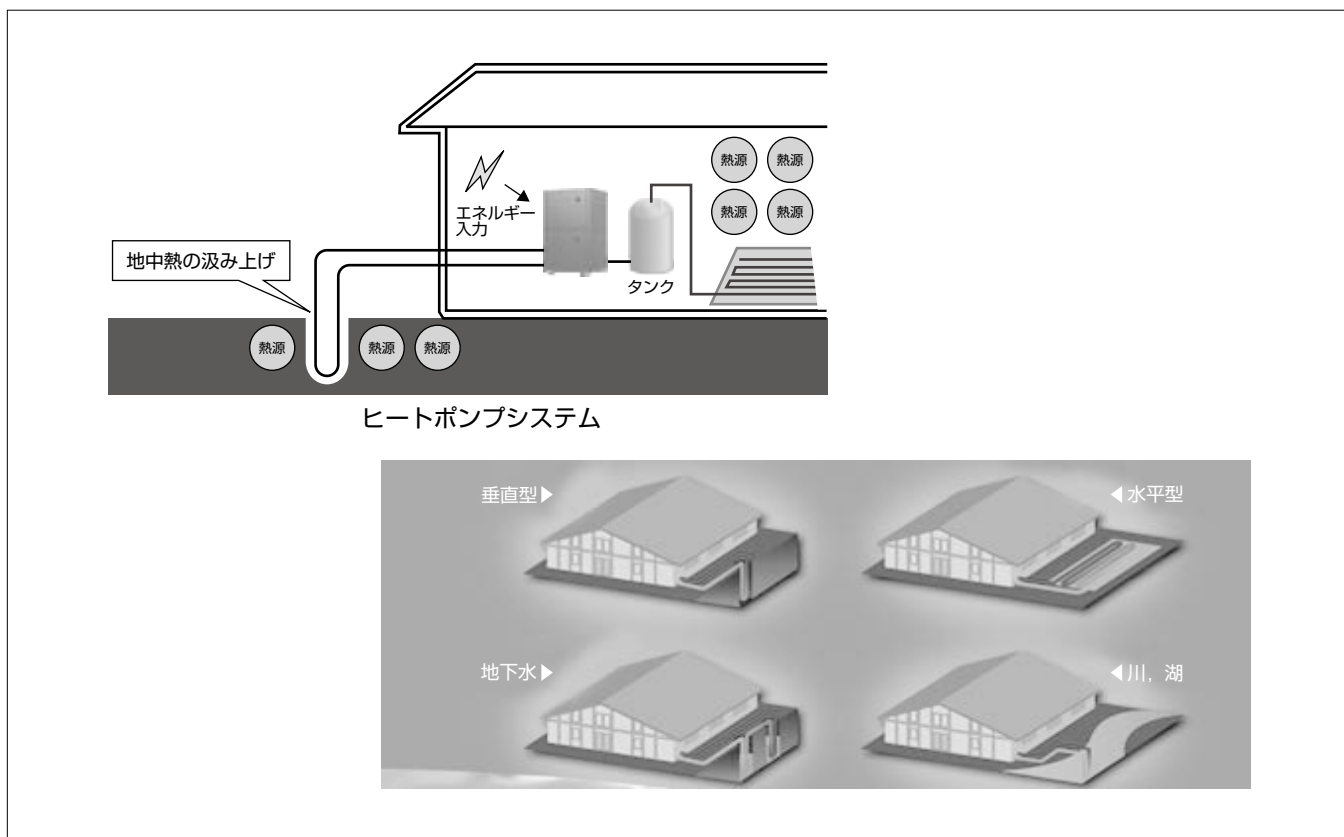
環境問題が世界的な危急の課題として認識され始め、それに伴い法整備を含めた対策が強化されつつある。EUでは、最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに20%とする目標が掲げられ、各国の導入計画で目標値が決められている。目標達成のためには、EUにおける最終エネルギー需要の内48%を占める暖房分野で⁽¹⁾、化石燃料からヒートポンプに熱源を転換する必要がある。このため、EUの各政府はRHIインセンティブ制度(再生可能熱エネルギーインセンティブ制度)を制定し普及を後押ししている。中でも、地中熱利用ヒートポンプシステムは利用場所の普遍性や熱源の安定性から近年急速に注目が高まってきている。これらの市場背景から、地中熱

対応ブライン熱源ヒートポンプ(Brine to Water Heat Pump: BTW)の開発を行った。

BTWは、性能による他社差別化を図るため、新たに開発した中間圧インジェクション圧縮機を搭載し、インバータ技術とエコマイザサイクルを利用した冷媒流量制御技術を組み合わせることでインセンティブ獲得に有効な季節性能の高効率化(SCOP 4.33)を達成し、大幅な他社優位性を確保した。

一方、システム対応力強化のため、空調冷熱総合管理システムや、リモコンに対応するだけでなく新たにオープンネットワークに対応させている。

本稿では、BTWの概要及び特長について述べる。



地中熱利用ヒートポンプシステム

地中熱利用ヒートポンプシステムは、ブラインなどを介して年間通じて比較的安定している地中熱を汲(く)み上げることで効率的にかつ安定的に熱を得ることができる(左上図)。地中熱は、地下だけではなく、地表面や川、湖等の熱も利用できる(右下図)。

1. ま え が き

環境問題が世界的な危急の課題として認識され始め、それに伴い法整備を含めた対策が強化されつつある。EUでは、最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに20%とする目標が掲げられ、各国の導入計画で目標値が決められている。目標達成のためには、EUにおける最終エネルギー需要の内48%を占める暖房分野で⁽¹⁾、化石燃料からヒートポンプに熱源を転換する必要がある。このため、EUの各政府はRHIインセンティブ制度（再生可能熱エネルギーインセンティブ制度）を制定し普及を後押ししており、今後も暖房・給湯分野で、ヒートポンプは安定的な市場拡大が見込まれている（図1）。中で

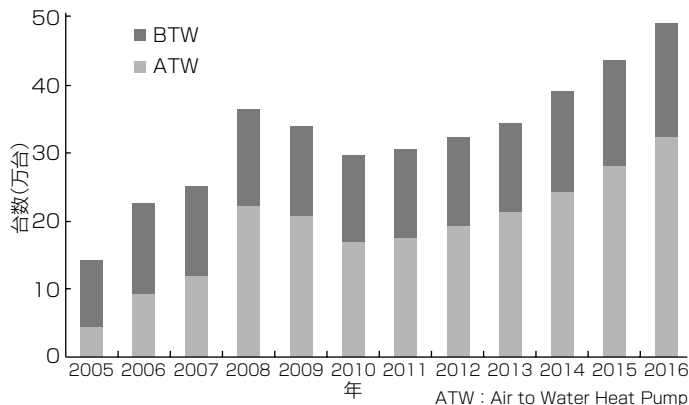


図1. ヒートポンプの需要と動向



図2. 気候条件エリア⁽⁴⁾

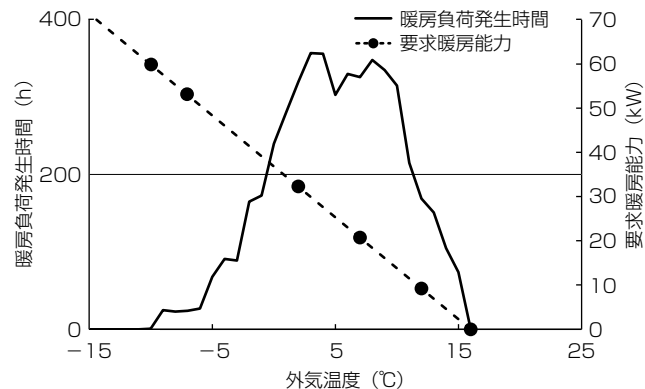


図3. 平均的気候における暖房負荷発生時間及び要求暖房能力 (定格60kWの場合)

も、地中熱利用ヒートポンプシステムは利用場所の普遍性や熱源の安定性から近年注目が高まってきている。

2. 季節性能係数SCOP⁽²⁾⁽³⁾

欧州では、期間効率の指標として季節性能係数SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance, EN14825)がある。これは、地域に応じて定められた要求暖房能力(kW)と暖房負荷発生時間(h)を基準に、各暖房能力におけるCOP (Coefficient Of Performance)に暖房負荷発生時間に応じて平均化させた性能係数である。気候条件は、“標準気候 (average climate)” “寒冷気候 (cold climate)” “温暖気候 (warm climate)” 3つに区別されており、外気温度における暖房負荷発生時間と要求暖房能力が決められている。図2に気候条件エリアを示す。また、図3に平均的気候条件における、暖房負荷発生時間及び要求暖房能力を示す。

定格COPとの大きな違いは、部分負荷時の性能影響が大きいことである。“標準気候”では、定格暖房能力が必要となる暖房負荷が高い(外気温度の低い)冬期の日数は少ない。一方、暖房要求能力の低い(外気温度がある程度高い)中間期は日数が多いため、低負荷時の運転時間が長くなりSCOPへの影響が大きくなる。

3. 熱源機の仕様と特長

3.1 熱源機の仕様

図4にBTW“CRHV-P600YA-HPB”の外観を示し、表1に仕様を示す。また、図5にBTWの接続並行流・対向流のそれぞれの運転範囲を示す。

この熱源機は、高効率な運転が見込める工場などからの高温排水を想定し、蒸発器入り口水温を45℃まで許容している。高温排水での運転を可能とするため、蒸発器入り口水温が高温となる条件下での使用では並行流となるように、それ以外は対向流となるように水配管を現地で接続する(図6)。

一方、この開発機は室内設置されるため地下などの排水口のない設置場所も想定される。対策として、ドレンパン内の結露は自然蒸発させる方式をとりドレン口を廃止した。

3.2 熱源機の特長

3.2.1 冷媒回路と特長

SCOPは、定格COPと異なり部分負荷時の効率が重要となる。この開発機は、新開発のDCインバータ中間圧インジェクション圧縮機を搭載し、インバータ化による低負荷時の効率向上と中間圧インジェクションによる高負荷時の能力向上を実現している。また、エコマイザ回路によってCOP向上も期待できる。インバータ圧縮機と中間圧インジェクション、エコマイザを適切に機能させることで、低負荷から高負荷時まで幅広い範囲でCOPを向上させ、高SCOPを



図 4. BTW “CRHV-P600YA-HPB”

表 1. 熱源機の仕様

項目		公称値		公差, 備考	
電源		三相四線式 380, 400, 415V/50Hz			
外形寸法	高さ	mm	1,561		
	幅	mm	934		
	奥行	mm	780		
加熱運転 ^(注4)	SCOP ^(注1)	-	4.33	SCOP-8%内	
	SCOP ^(注2)	-	2.86	SCOP-8%内	
	能力	kW	45	60	能力-5%内
	COP	-	4.41	4.23	COP-15%内 (ポンプ動力含む) ^(注5)
	容量制御	kW	20~70		
電熱器(圧縮機ケース)	W	35×2			
油	種類	ダイヤモンドフリーズ MEL32			
	充填量	l	1.3×2		
	種類	R410A			
冷媒	充填量	kg	4.5×2		
	制御方式	電子膨張弁			
騒音(無響音室換算) ^(注3)	dB(A)	50		測定値は試験室 反響音+3dB以下	
使用温度範囲	温水	℃	出口水温30~65		
	熱源	対向流	℃	入口水温27以下, 出口水温-8~20	
	プライン	並行流	℃	入口水温45以下, 出口水温-8~27	
	周囲温度	℃	-10~40		

- (注1) 性能試験条件は、EN14825に基づき、温水入口/温水出口/熱源プライン入口/熱源プライン出口=30/35/0/-3℃、TDesign60kWの条件
- (注2) 性能試験条件は、EN14825に基づき、温水入口/温水出口/熱源プライン入口/熱源プライン出口=47/55/0/-3℃、TDesign60kWの条件
- (注3) 騒音については高さ1.5m、製品正面から1mの地点での騒音値を示す。騒音試験条件は、温水入口/温水出口/熱源プライン入口/熱源プライン出口=30/35/0/-3℃、加熱能力60kWの条件
- (注4) 加熱運転の性能は、熱源プラインの流れが熱源プライン用熱交換器内で冷媒と対向時の値を示す。
- (注5) EN14511に基づき、ポンプ動力(計算値)を含めた値を示す。

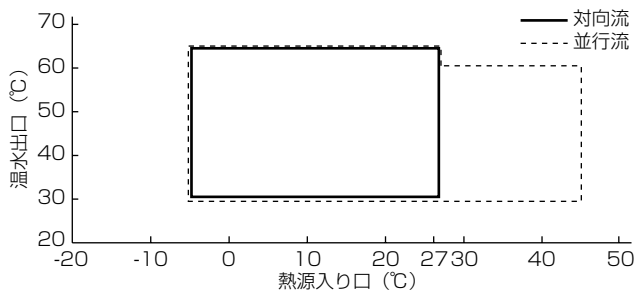
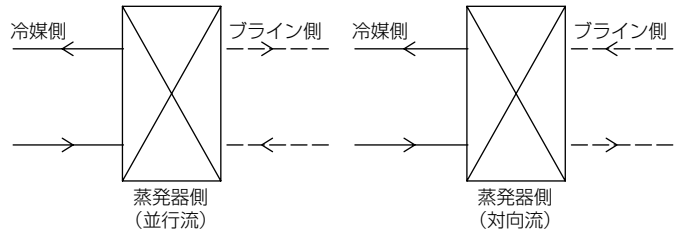


図 5. BTW運転範囲

達成した(SCOP:4.33)。BTWの回路図を図7に示す。

3.2.2 エコマイザ回路を利用した最適制御

この開発機では、エコマイザ回路を利用した最適制御を行っている。圧縮機から吐出された冷媒は凝縮器を通り、エコマイザ出口(図7回路図上A)の位置で、エコマイザ側と蒸発器側に分かれる。エコマイザ側冷媒は、インジェクション膨張弁で減圧され低温の2相冷媒となりエコ



並行流: 熱交換器内部で冷媒と水の流れ方向が同方向
対向流: 熱交換器内部で冷媒と水の流れ方向が逆方向

図 6. 並行流と対向流の流れ方向

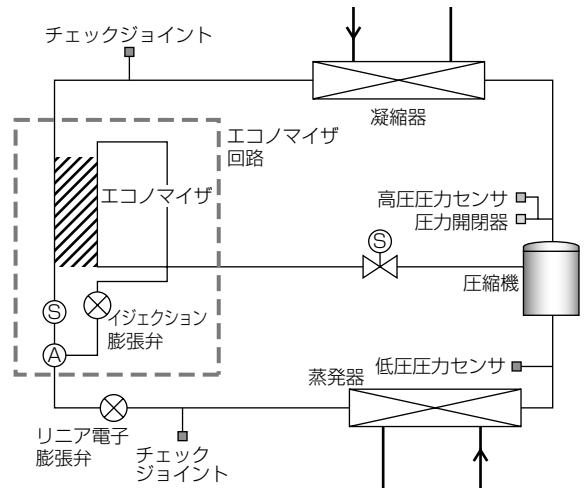


図 7. BTWの回路図

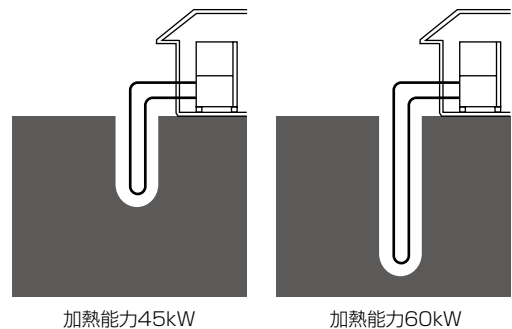


図 8. 能力切替え機能

ノマイザ内の液冷媒を冷却し、液冷媒の過冷却度を上昇させる。その後、圧縮機中間インジェクション口からフラッシュガスで圧縮機内に入り圧縮機内冷媒の冷却を行う。この時、中間圧力が最適値になるようインジェクション膨張弁開度を制御することでCOPを向上させている。

3.2.3 能力切替え機能

この開発機は、定格60kWの加熱能力を持つ。欧州では、地中熱利用が進んでおり既設機種からのリニューアルもターゲットとなる。リニューアルには、採熱用パイプを通して地中井(以下“ボアホール”という。)を再利用する必要があり、ヒートポンプを必要暖房負荷以上の能力で運転すると、ボアホール内凍結などの問題が生じる。今回、加熱能力を45kWに抑制する機能を追加して、能力切替え可能とし(図8)、リニューアル需要にも対応させた。



図9. 欧州仕様リモコン

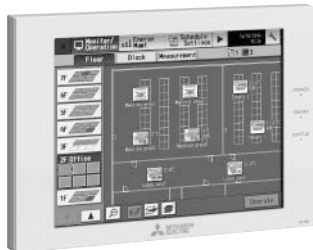


図10. 空調冷熱総合管理システム

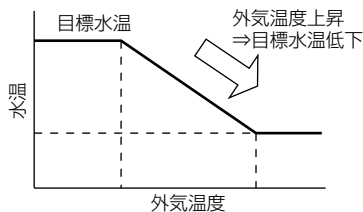


図11. “Heating Eco”制御

4. システム対応力強化

ピーク電力の削減や熱源機の最適運転には、物件ごとのエネルギーマネジメントができるシステム制御が重要となる。この開発機は、従来の欧州仕様リモコン(図9)だけでなく、空調冷熱総合管理システムへの対応を予定している(図10)。また、現地インストーラーから要望の大きい、プロトコル仕様が公開されているオープンネットワーク(modbus^(注6))で運転状態の確認や各種設定を可能とするなどシステム力強化を図っている。

一方、欧州で重要な機能である“Heating Eco”制御を追加している(図11)。これは、暖房主体の欧州で外気温度に連動して目標温水温度を変化させる機能で、外気温度が上昇すると温水目標温度が自動的に低下する運転モードであり、中間期などの省エネルギーに貢献する機能である。

(注6) modbusは、Schneider Automation Inc. の登録商標である。

5. むすび

環境問題への意識の高まりだけでなく原油価格の高騰等から、再生可能エネルギーを柱とする代替エネルギー開発の重要度は、今後更に増してくると考えられる。今回開発した地中熱対応BTWは、欧州が積極的に進めるヒートポンプへの代替だけでなく、今後拡大が見込まれる地中熱ビジネスへの参入も可能とする。また、空調はもちろん家庭用ATWから業務用、空冷/水冷と幅広くラインアップした総合空調/給湯メーカーとしての地位確立に貢献できると考えている。また、熱交換器への霜付が課題となる寒冷地での販売規模拡大や、空冷/水冷では設置制約のある既設ボイラーやチラー対抗としての活用も期待される。

今後も、省エネルギー性だけでなく欧州の使用方法に適した技術開発を進め、欧州トップシェアを目指した製品を供給していく。

参考文献

- (1) 財ヒートポンプ・蓄熱センター：ヒートポンプに関する欧州調査報告書(2012)
http://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press_topics/documents/2012011_press_report.pdf
- (2) 欧州会議：欧州理事会の指令2009/28/EC第5条に基づく、各種ヒートポンプ技術によるヒートポンプからの再生可能エネルギーの計算に関する加盟国向けガイドラインを定める/2013年3月1日付欧州委員会決定、財ヒートポンプ・蓄熱センター訳
- (3) BS EN 14825:2012：Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling. Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance (2012)
- (4) Official Journal of the European Union：COMMISSION DECISIONS of 1 March 2013/establishing the guidelines for Member States on calculating renewable energy from heat pumps from different heat pump technologies pursuant to Article 5 of Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council, 27～35 (2013)