

高橋佳宏* 南迫博和*
石川憲和* 内野進一*
高橋建吾*

Air To Waterヒートポンプ

Space Heating and Domestic Water Heating Heat Pump

Yoshihiro Takahashi, Norikazu Ishikawa, Kengo Takahashi, Hirokazu Minamisako, Shinichi Uchino

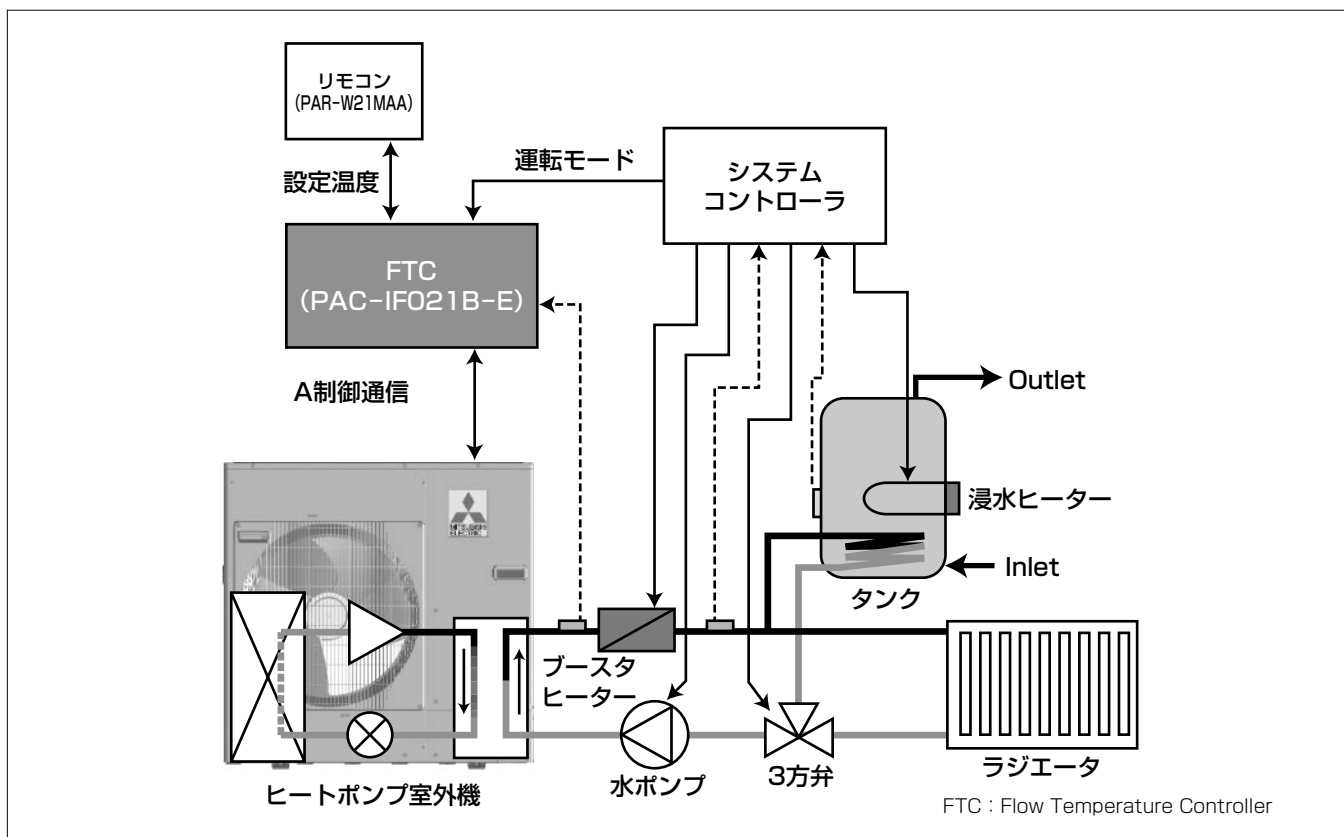
要旨

欧州各国政府による省エネルギー・CO₂排出量削減政策（新築住宅の省エネルギー基準強化・高効率暖房機器へのインセンティブ等）の推進によって、従来のガス／灯油／電気ボイラ・ヒーターに代わる省エネルギー&クリーン熱源として、ヒートポンプ室外機に注目が集まっている。欧州の暖房システムは、燃焼系ボイラによる温水暖房、給湯が主流であったが、ヒートポンプへの変換が拡大している。三菱電機は2007年度に、空調機で培ったヒートポンプ技術を活用し、Air To Water(ATW)専用室外機を開発し、ATW事業へ参入した。それ以降、特に従来のボイラ代替という観点から、ヒートポンプの弱点である低外気温度での暖房能力低下を克服するインジェクション技術を適用し

た“ズバ暖”，低温時の熱交換器の着霜による効率低下を抑制する低温能力改善技術による省エネルギー性改善などの性能向上を図るとともに、現地の温水暖房・給湯システムとの通信上のマッチングを実現するためのインタフェース開発を推進し、販路の拡大に寄与することでATW事業規模を拡大することができた。

本稿では、欧州のATWシステム、それに対応する当社の製品及び投入技術について述べる。

今後は、他社との競争に打ち勝つため、省エネルギー性・低騒音化などの基本性能の向上とともに、差別化技術開発を合わせて推進していく。



欧州ATWシステム

欧州のATWシステムは給湯回路と暖房回路が並列に形成され、循環する温水熱源として、燃焼系ボイラ又はヒートポンプ室外機を用いる。当社はヒートポンプ室外機と、給湯タンクやラジエータなどの水回路を含めたシステム制御を行う現地のシステムコントローラとのマッチングを図るためのインタフェース(上図例FTC)を提供している。

1. ま え が き

近年、欧州での省エネルギー暖房商品は、予想を上回る勢いで需要が伸長している。この背景には、CO₂排出量削減・環境保護及びエネルギー補償の観点からエネルギーコスト抑制(省エネルギー)の動きが本格化し、各国の省エネルギー規制強化が推進されるとともに、省エネルギー機器購買奨励策(各種インセンティブスキーム)が実施、又は制定されつつある状況がある。当社は、空調機で培ったヒートポンプ技術を活用し、欧州各国で一般的なラジエータ暖房や床暖房や給湯の熱源として、従来の燃焼系ボイラ(ガス・石油等)に代わる空気熱を利用したAir to Water(以下“ATW”という。)ヒートポンプ熱源機及び現地システム構築が可能となるインタフェースを開発した。本稿では、この製品の概要と特徴について述べる。

2. 欧州のATWシステム

欧州では、ボイラ又はヒートポンプで加熱した温水をラジエータ、床暖房に供給して暖房する輻射(ふくしゃ)暖房が主流である。欧州のATWシステムの一般的な構成を図1に示す。

2.1 システム回路構成

給湯タンクが二重タンク又はコイル内蔵タンクとなっており、生活用水とヒートポンプを循環する水は分離されて構成される。給湯回路と暖房回路は並列に接続されており、ヒートポンプ(又はボイラ等)で加熱した温水を、バルブを切り換えて使用する。したがって、朝方給湯タンクを加熱して生活用水を確保し、昼は暖房機器に温水を供給といった使い方をを行う。また、システムの制御を司(つかさど)るシステムコントローラを持ち、熱源であるヒートポンプ及び水回路内のポンプ、バルブなどを水温、室温などをモニタすることでシステム全体の制御を行う。

2.2 ヒートポンプ室外機の種類

欧州のATWヒートポンプシステムには大きく分けて、一体型と分離型の二つの室外機タイプが存在する。その構成を図2に示す。一体型は水熱交換器を室外機に内蔵し、欧州メーカーの多くがこの方式を採用しており、特徴として冷媒配管工事が不要となり、水道管工事のみで据付けで

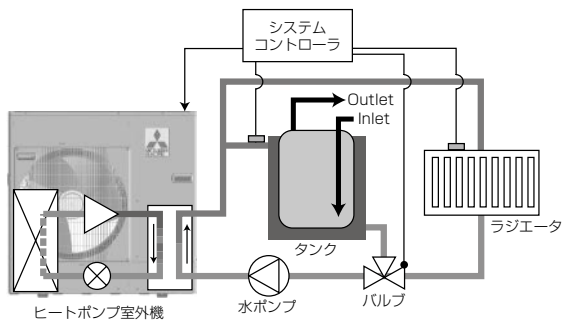


図1. 欧州の一般的ATWシステム

きるという利点がある。一方、分離型はハイドロボックスと呼ばれる水熱交を内蔵したユニットが必要となる。日系メーカーの多くがこの方式で、標準の空調用室外機を流用できるという利点がある。このシステムでは、通常のエアコンと同様に水道管工事に加え冷媒配管工事が必要となる。

3. ATWヒートポンプの有効性

2007年10~11月に、イギリスの一軒家に当社のATWヒートポンプ(能力3HP(Horse Power))を設置し、実証試験を実施した。図3に実証試験を実施した建物内のラジエータ、床暖房の設置状況、表1にその実証試験結果を示す。従来使用していたガスボイラと比較し、CO₂排出量で49%

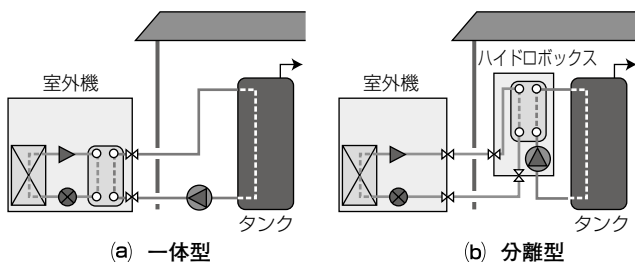


図2. ATW室外機の種類

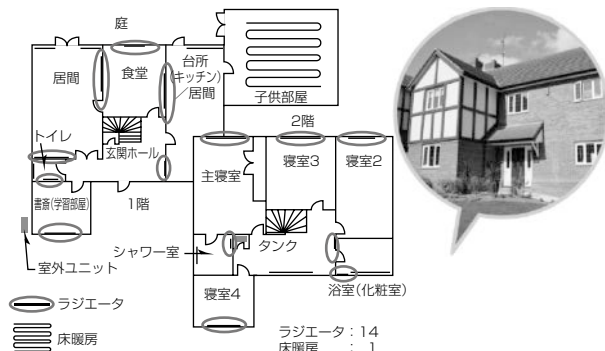


図3. 実証試験のレイアウト

表1. 実証試験結果

システム合計	暖房能力 (kWh)	2.216
	消費電力量 (kWh)	630
	COP	3.52
	電気代 (£)	53.55
外気温度(°C)	最低	3.4
	平均	7.2
	最高	11.4
室内温度(°C)	最低	19.7
	平均	21.1
	最高	22.5
CO ₂ 排出量 (kg)	ヒートポンプ @0.43kg per kWh	270.9
	旧来ガスボイラ 80%, @0.19kg per kWh	526.3
	削減率	49%
ランニングコスト (£)	ヒートポンプ (8.50p/kWh)	53.55
	旧来ガスボイラ Eff 80% (3.18p/kWh)	88.1
	省エネルギー率	39%

※電気代・ガス代は2007年12月時点

の削減、ランニングコストで39%の削減効果があり、ヒートポンプの有効性を確認した。

4. 製品の特徴

4.1 製品のラインアップ

当社は2007年度に3HPの一体型を開発しATW事業に参入したが、その後、2HP、4HP、5HPの一体型、分離型の2~10HPのパワーインバータ、ズバ暖を追加するなど、室外機ラインアップの拡充を図ってきた。2009年度のATWヒートポンプ室外機の製品ラインアップを表2に示す。

4.2 高暖房能力

図4に、今回採用した5HPの冷媒回路を示す。このヒートポンプ室外機はフラッシュインジェクション、高効率DCモータ採用インジェクション圧縮機、パワーレシーバツインLEV(電動膨張弁)など多彩な技術を搭載している。パワーレシーバ前後のLEVに加え、インジェクションラインにもLEVを備え、負荷条件・運転モードに応じ最適な冷媒状態を実現するための制御を実施している。そのインジェクション暖房時のLEV制御対象及び制御方法を図5に示す。

図6に、外気温度変化に伴う暖房能力特性を示す(出湯温度35℃時)。通常、ヒートポンプは外気温度低下に伴い、暖房能力が低下する特性を持つが、ズバ暖はインジェクションによってその低下を抑制し、特に外気温度によらず一定の能力を得られるボイラに対し、その弱点を克服することができた。

4.3 暖房低温効率向上

一般的にヒートポンプは暖房運転時、外気温度が低下すると熱交換器に着霜が発生するため、着霜の発生しない高い外気温度に比べ、大きく運転効率(COP)が低下する。

ATW機は暖房用途主体であり、通常の冷房と暖房を兼ねる空調機と比較し、暖房によって適用した専用設計を行っている。その主な適用技術は次のとおりである。

(1) 熱交換器の目詰まり改善

熱交換器の着霜目詰まりによる効率低下を抑制するため、フィンピッチを広げ、効率低下を遅延させた。

(2) 熱交換器の暖房主体設計

蒸発器となる熱交換器設計を暖房主体のパス数、パスパターンとし、熱交換器性能及び圧力損失を低減した。

(3) 霜取制御の改善

外気温度と冷媒蒸発温度との温度差によって着霜有無を正確に検知し、極低外気条件での問題点であった無着霜状態での除霜運転を回避した。その結果、暖房運転率(暖房運転時間/トータル運転時間)の拡大が図られ、極低温条件での効率改善を図ることができた。

4.4 インタフェース

ATWシステム全体の制御をシステムコントローラが行い、ヒートポンプ室外機がその指令に基づき動作することは先に述べたとおりであるが、実際には現地のシステムコントローラと当社のヒートポンプ室外機の通信を成立させるためのインタフェースが不可欠となる。当社はそのインタフェースの開発を室外機と並行して行い、客先、用途に応じて複数のインタフェースを用意することで、室外機の販路拡大に寄与することができた。

表2. ATWヒートポンプ室外機のラインアップ

		2HP	3HP	4HP	5HP	6HP	8HP	10HP
一体型	パワーインバータ	○	○					
	ズバ暖			○	○			
分離型	パワーインバータ	○	○	○	○	○	○	○
	ズバ暖		○	○	○	○	○	

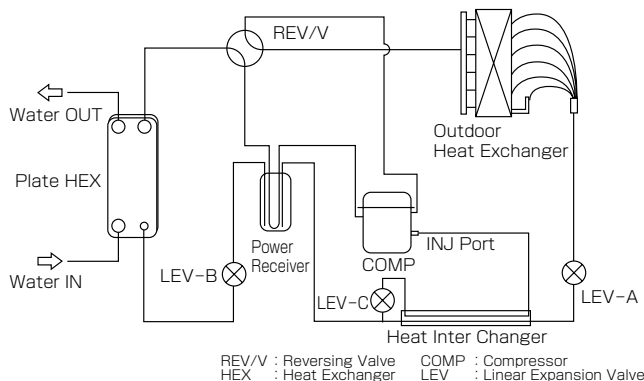


図4. 冷媒回路

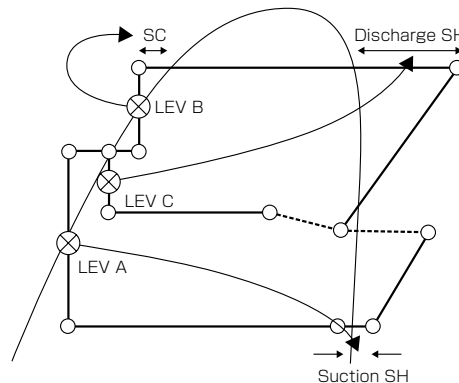


図5. インジェクション時のLEV制御

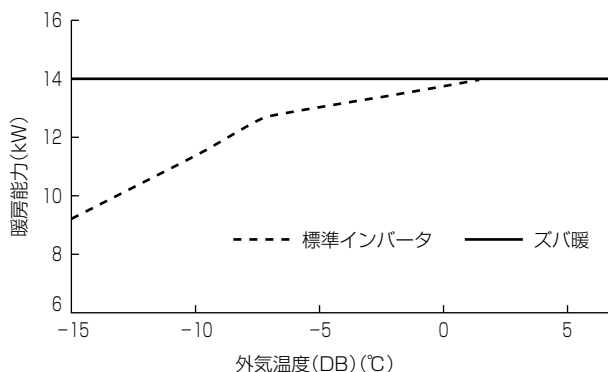


図6. ズバ暖の暖房能力特性

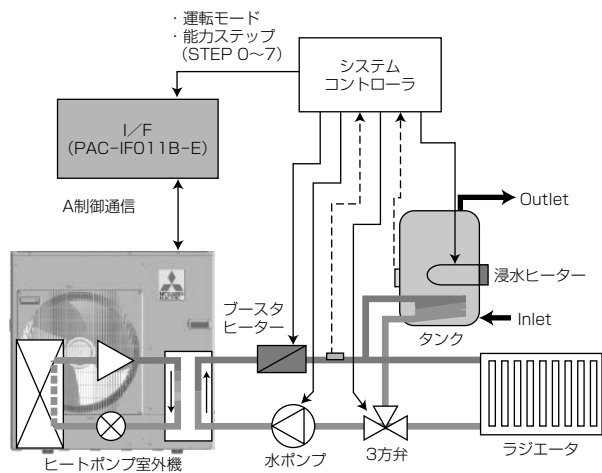


図7. I/FによるATWシステム

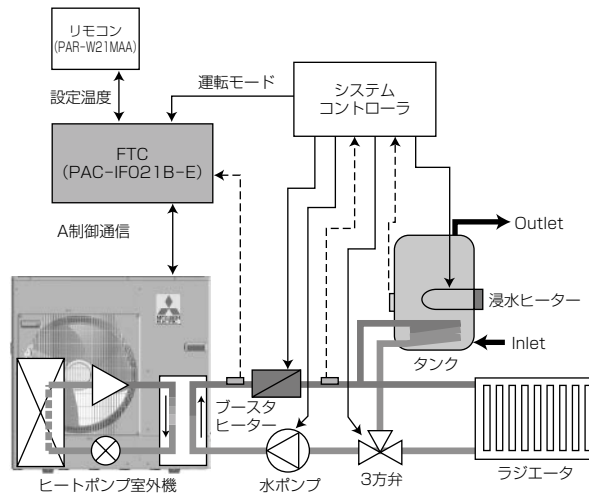


図8. FTCによるATWシステム

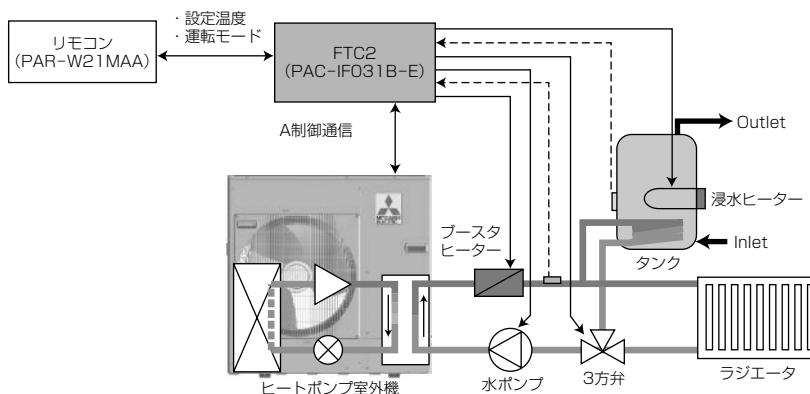


図9. FTC2によるATWシステム

(1) I/F(型名：PAC-IF011B-E)

I/Fはシステムコントローラから送信された運転モード/能力ステップ(0~7)を受信し、要求モード/能力を室外機に当社制御であるA制御に変換して通信する(図7)。ただし、I/Fを利用したシステム構築は、熱源の能力をコントロールする制御構築が可能な比較的技術力の高いメーカーに限られる。

(2) FTC(型名：PAC-IF021B-E)

FTCはシステムコントローラから運転モードを受信するのみで、実出湯温度を取り込み、当社リモコンで設定した設定出湯温度に近づくように当社の室外機側で周波数を制御する(図8)。ヒートポンプの能力をコントロールできないシステムコントローラでもインバータ室外機が制御可能となり、技術のないメーカーでもシステム構築が可能となる。

(3) FTC2(型名：PAC-IF031B-E)

水回路側のタンク温度データ、出湯温度データをFTC2

に取り込み、水回路の各部品をFTC2で制御する(図9)。システムコントローラを必要とせず、室外機の制御だけでなく水回路の各部品の制御が可能となるため、FTC2とリモコンでATWシステムが構築可能となる。

5. む す び

2007年のATW専用室外機の開発を皮切りにATW事業に参入後、室外機、インタフェース等の拡充開発を進め、ほぼ市場に対応できる製品ラインアップをそろえることができた。今後は他社との厳しい競争に打ち勝つため、ATW機の最重要課題である省エネルギー性アップ、家庭用途拡大のための室外機の低騒音化などの基本性能向上を図るとともに、メリットアップ等の差別化を検討していく必要がある。研究所との新技術開発、現地の情報収集・調査、営業・販社との製品企画立案など、他部門との密接な協力体制を基に事業拡大に貢献できる製品開発を進める所存である。