特集論文

欧州 Air to Waterヒートポンプシステム “ecodan”

服部太郎*

"ecodan"：Air to Water Heat Pump System for Domestic space heating in Europe

Taro Hattori

要　旨

欧州各国政府による，CO_2排出量削減施策（建物省エネルギー規制，再生可能エネルギー機器へのインセンティブ）にも後押しされ，住宅用温水暖房用途として，従来の化石燃料燃焼系ボイラをヒートポンプ熱源に置き換えた，Air to Water（ATW）ヒートポンプシステムの市場が伸張している。三菱電機は2007年から空調機技術をベースに，ブランド名“ecodan”で，ヒートポンプ熱源（室外機）をローカルシステムへ供給することから市場に参入したが，トータルでの訴求による事業範囲の拡大を狙い，2011年に自社室内機を開発し，自社システムを完成した。

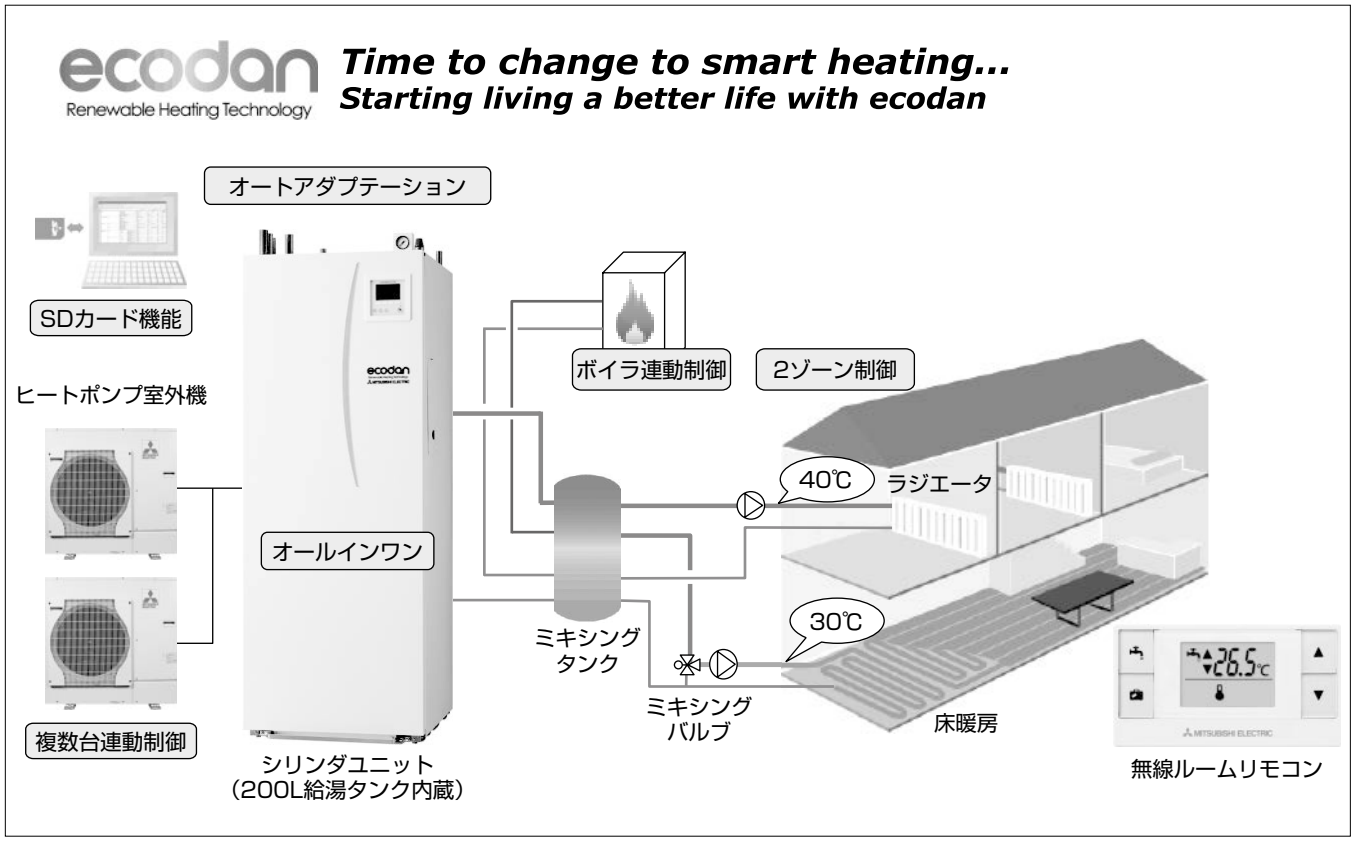
当社システムは，

(1) ヒートポンプの省エネルギーに欠かせない送水温度の低減を実使用状況（現地負荷／環境）に応じて自動で快適に実現する“オートアダプテーション”技術

(2) 据付けを簡易にする“オールインワン”“SDカード機能”

(3) 適合可能な現地水回路システムの拡充を図る2温度温水生成技術“2ゾーン制御”，6台までの室外機を連結し大能力システムを実現する技術“複数台連動制御”，燃焼系ボイラと省エネルギー比較を行い自動で切り替える技術“ボイラ連動制御”

を実現した。これによって“自動で快適に省エネルギー制御可能”で“設定据付けが簡単”かつ“各国様々な温水暖房回路に適合可能”な，現地暖房文化に親和性の高いATWヒートポンプシステムを提供し，欧州の暖房を変える，省エネルギーシステムの普及に貢献した。



ATWヒートポンプシステム“ecodan”

当社システムは，200L給湯タンクなどの必要部材を“オールインワン”で内蔵し，無線ルームリモコンでセンシングした室内温度の変化速度によって，自動で最適な送水温度に制御する“オートアダプテーション”，2温度温水を送水可能な“2ゾーン制御”，燃焼ボイラ熱源と自動で切り替える“ボイラ連動制御”，複数の室外機を連動させる“複数台連動制御”，設定や運転履歴確認をパソコンから可能とする“SDカード機能”等多彩な機能を提供する。

*静岡製作所

1. まえがき

欧州の住宅では，ガス，灯油ボイラなどの燃焼系熱源を用い，温水を住宅内居室／廊下等に設置したラジエータや床暖房パネル等の輻射(ふくしゃ)放熱器に循環させて，住居全体を暖房するシステムが広く普及している。近年CO_2排出量削減の観点などから各国政府は新築建物を中心とした省エネルギー規制の強化，再生可能エネルギー機器の販売奨励策(インセンティブスキーム)の両輪の施策を打ち出していることにも後押しされ，燃焼系熱源に代わる省エネルギー熱源としてATWヒートポンプの市場規模は伸張を続けている。

当社は，2007年にインバータヒートポンプ熱源及び現地システムに接続するためのインタフェースの供給から事業に参入したが，熱源基本性能だけではなく，現地暖房負荷側にあわせたシステム制御による省エネルギーの提案に加え，様々な現地システムとの親和性を改善し，従来のボイラ暖房システムからより違和感なくATWシステムに置換を進めるために2011年に自社室内機を開発し，自社システムを完成した。

本稿では，その自社システムの開発について述べる。

2. 欧州ATWシステムの構成

図1に欧州ATWシステムの基本構成を示す。暖房回路と給湯回路が並列に設置され，バルブによってどちらか一方の回路にヒートポンプで加熱された温水が循環される。暖房回路を循環する温水は居室に設置されたラジエータなどの放熱器の輻射放熱によって暖房を行う。

一方，給湯回路を循環する温水は，給湯タンク内で熱交換され(2重タンク構造，又は内蔵コイル)生活用水を加熱する。また，システムの制御をつかさどるシステムコントローラを持ち，水温，室温等のセンシングに基づき，熱源であるヒートポンプ及び水回路内のポンプ，バルブ等の制御を行う。

3. システムの概要

3.1 ラインアップ

温水循環ポンプ，ブースタヒーター，膨張タンク，圧力逃がし弁等の1次側主要水回路部位をユニット化したハイドロボックスと，加えて給湯用タンク，暖房／給湯切替え三方弁まで一体化したシリンダユニットの2種類の系列を製品化した。欧州の温水暖房自体に長い歴史があり，国ごとに暖房文化や気候条件が異なるため，ヒーターの方式，容量違いなどの様々な市場要求がある。それらにきめ細かく対応するため，合計25機種のラインアップをそろえている(**表1**)。また，直感的な操作を可能とする本体メインコントローラに加え，簡易な操作が可能な別売の無線ルームリモコンも用意した(**図2**)。

3.2 主要な機能と特長

ATWシステムは省エネルギー性能は当然であるが，従来ボイラで使われていた温水循環回路を流用しての置き換え採用となる場合も多く，欧州の温水暖房文化との親和性をいかに高めるかが普及の大きなポイントとなる。自社システムに搭載してきた次の主要機能について述べる。

(1) 基本性能向上：温水制御技術“オートアダプテーション”
(2) 据付け簡易化：“オールインワン”“SDカード機能”
(3) 適合可能な現地水回路の拡充：“2ゾーン制御”“複数台連動制御”“ボイラ連動制御”

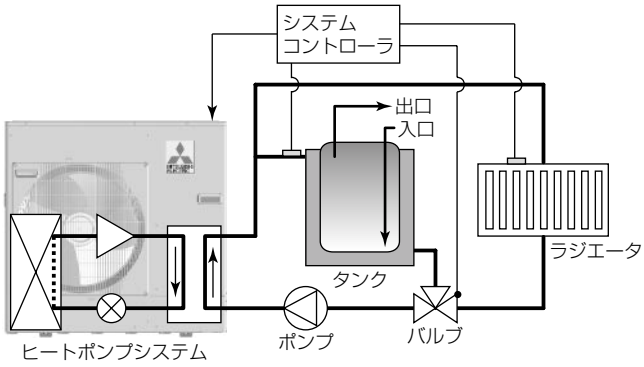


図1．欧州ATWシステムの基本構成

表1．ATW室内システムのラインアップ

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
可能運転	暖房専用		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	冷暖房																
プレート熱交	有		○	○	○	○	○	○	○	○	○						
膨張タンク	有		○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○
タンク浸水ヒーター	3 kW	単相230V	○	○	○							○	○	○	○		
ブースタヒーター	2 kW	単相230V				○						○					
	6 kW	単相230V	○				○	○		○			○			○	
	9 kW	三相230V		○										○			
		三相400V			○				○		○				○		○
ソーラ接続可否								○									

(a) シリンダユニット(200Lタンク内蔵)

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
可能運転	暖房専用		○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	冷暖房											○
プレート熱交	有		○	○	○	○	○	○				○
膨張タンク	有		○	○	○	○			○	○	○	○
ブースタヒーター	2 kW	単相230V	○						○			○
	6 kW	単相230V		○			○			○		
	9 kW	三相230V			○							
		三相400V				○		○			○	

(b) ハイドロボックス(給湯タンクレス)

図2．ユニット・コントローラ

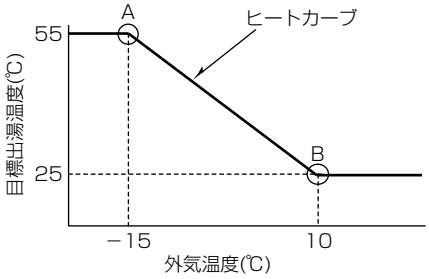


図3．ヒートカーブ制御

4. 主 要 機 能

4.1 オールインワンコンセプト

ATWシステムの普及によって，従来温水暖房機器を扱わなかった空調冷熱系インストーラルートでの販売も拡大しており，特に水回路側の据付け工事の簡易性も高める必要がある。当社は，主要な水回路構成部品を，外形寸法595×680×1,600(mm)の業界最小(注1)ボディーに全て内蔵した“オールインワン”コンセプトのシリンダユニット及び給湯回路を除いたハイドロボックスをATW室内機として発表した。

(注1) 2011年7月1日現在，当社調べ

4.2 オートアダプテーション

ATW温水暖房システムでは，室温を維持する放熱量を確保するのに必要な送水温度を制御対象とし，ヒートポンプ熱源でインバータ制御を実施している。ヒートポンプ熱源にとっては，送水温度をいかに低く保つかが本質省エネルギーに直結する。当社機種試算によると送水温度を1℃低下させれば，約2％の効率改善が見込める。

欧州では，一般的に気候に応じて変化する建物の暖房負荷を補償するために，インストーラが現地建物に合わせて，外気温度と送水温度を設定する“ヒートカーブ制御”(**図3**)が広く普及している。しかしながら，建物ごとに特性が異なり，据付け後も繰り返し微調整が必要となるなどの課題があった。

当社は，新開発の無線ルームリモコンと連動させ，将来の室温変化を予測することによって，室内の快適性を維持した上で，最適な送水温度を決定する“オートアダプテーション”を開発した(**図4**)。この制御によって面倒な設定や微調整を必要とせず，また日照などの外気温度以外の負荷変動要因にも適応し，ヒートポンプにとって省エネルギー上最適な運転状態を，快適性を保った上で維持可能となる。

図5にこの制御の効果を市場で実証したデータを示す。室温が設定温度よりも若干高いため，外気温度が徐々に低下しているにもかかわらず送水温度及び室外機の圧縮機運転周波数を徐々に低下させている。その結果，加熱能力が抑えられ，サーモ停止することなく室温を設定温度に向けて安定的に収束させることができている。仮にこの事例に対し，従来のヒートカーブ制御を適用すると，外気温度の低下に伴って送水温度を上昇させることによって，室温が設定よりも高いにもかかわらず，更に室温を上昇させ，結果的にサーモ停止に至るという経過をたどり，ヒートポンプの効率低下とON／OFFに伴う立ち上がりロスが発生していたものと推測できる。試算では，送水温度低減による効果14％とON／OFFロス低減による効果5％によって約19％もの効率改善が認められた。

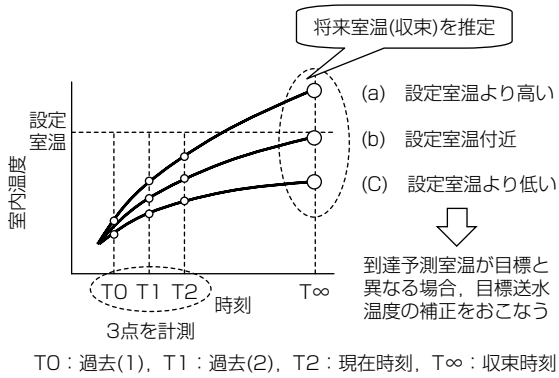


図4．オートアダプテーションによる送水温度補正

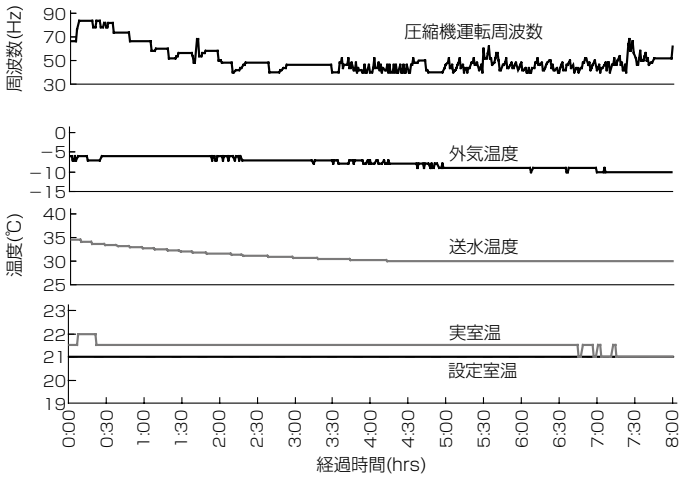


図5．オートアダプテーションの実証データ

4.3 2ゾーン制御

温水暖房の放熱器には，比較的高い送水温度を必要とするラジエータや，低温水で放熱可能な床暖パネル等があり，

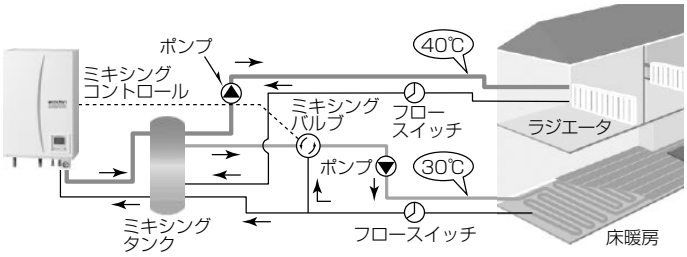


図６．２ゾーン制御回路

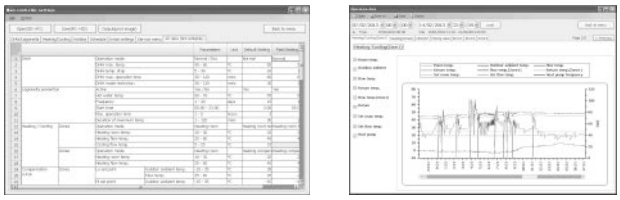


図７．SDカードパソコンツールの画面

実際には，これらが組み合わされて使用されている事例も多い。このような住居では，異なる２温度の温水を生成することが必要となる。

当社システムは，高温水と，暖房負荷側で放熱後の低温戻り水を混ぜて低温水を生成する現地ミキシングバルブをフィードバック制御する“２ゾーン制御”を導入した(**図６**)。この制御では，それぞれのゾーンのON／OFFなどのスケジュール設定が可能であり，また，どちらのゾーンにも先に述べた“オートアダプテーション”制御を適用できるようにした。

設計に際しては，現地の様々なミキシングバルブに適合可能とするためのパラメータ設定項目を設け，また建物ごとに異なる水回路，室温の応答性に対して制御が収束するよう冗長性を持たせた。

4.4　複数台連動制御

当社ecodanシリーズは，暖房能力23kW(外気７℃／水温35℃条件)までのヒートポンプ熱源ユニットをそろえているが，大邸宅や，断熱改修が困難な歴史建造物など，より大きな暖房負荷を持つアプリケーションも多く存在する。これらをカバーするため，最大６台までのヒートポンプ熱源を連結し，それぞれの室外機の圧縮機運転周波数の和によって，室外機運転台数の増減を判断し，常に高効率ポイントでシステムを運転させる，“複数台連動制御”を開発した。さらに，各室外機の使用率平準化のため，各室外機の積算運転時間の小さなものから順次起動するようにしたローテーション運転機能や，１台が故障したら別の正常な室外機が運転を開始してシステムとしての運転を維持するバックアップ運転機能を持つ。

4.5　ボイラ連動制御

欧州では，温水暖房システムの熱源としては，ガスボイラが圧倒的に普及しており，かつ，巨大な欧州暖房産業の中心プレーヤーであるローカルガスボイラメーカーも生き残りをかけ，低外気でも能力が低下しないボイラの利点訴求とあわせ高効率タイプのガスボイラを訴求してきている。当社は汎用ボイラと連動接続し，ヒートポンプとボイラの切替えを行う“ボイラ連動制御”を開発した。

外気温度をしきい値とする熱源切替えに加え，常にヒートポンプの運転効率を計算し，有利な方に暖房熱源を切り替えることも可能である。切替えの判断は，外気温度によるもののほかに，あらかじめインプットしたガス／電気等の燃料料金に基づきランニングコストが安い方の熱源に切り替える燃料代優先モードや，地域ごとに異なる１次エネルギー換算係数(単位あたりの電気を生成するのに必要な発電所のCO_2排出係数)の初期入力値によって計算したCO_2排出量が少ない方の熱源に切り替えるCO_2排出量優先モードも選択可能とした。

4.6　SDカード機能

ＡＴＷシステムは据付け時にインストーラが非常に細かい様々な設定(給湯／暖房スケジュール，放熱器の上下限温度，給湯設定，自動再沸き上げ温度，時間等)を行う必要があるが，機器リモコンの限られた画面・操作ボタンでは，設定が煩雑で据付けの手間がかかる。さらには，正しく設定されないことによって省エネルギー効果が減少する場合もあった。

当社は，専用設計したパソコンツール(**図７**)によって，パソコン画面上で全ての初期設定項目が設定可能で，そのデータをSDカードにコピーし，室内基板上に設けたSDカードスロットを介して，本体に書き込むことで初期設定を簡単化する，“SDカード機能”を搭載した。

集合住宅物件など，同様建物に複数システムを設置する場合には同一設定のコピーも可能であり，新人作業者が，経験豊富なインストーラによってあらかじめ設定された項目データをSDカードに入れて現地に赴くことも可能となり，インストーラから好評を博している。

あわせて，本体にこの機能を標準搭載としたことで，運転中の，各種サーミスタ温度，設定情報などの運転履歴情報を長期間記録可能となり，さらには，先に述べた専用パソコンツールによって簡単に運転データのグラフを作成することを可能としたので，設定不具合などの確認や，機器メンテナンス時の補助機能として大変有益である。

5. む　す　び

このように，システム省エネルギーに最適な送水温を自動で決定し，かつ現地の水回路に幅広く適合し，扱いやすさを追求したＡＴＷシステムを開発することによって事業拡大に貢献した。今後は，ネットワーク化及び建物の高断熱化による給湯側への力点シフトに対応した給湯側の性能改善に取り組んでいく所存である。