

日本冷凍空調学会賞 技術賞

寒冷地向けCO₂ヒートポンプ 暖房・給湯機システム

CO₂ Heat Pump Heating and Water Heater Systems for Cold Areas

1. はじめに

北海道の1世帯当たりのエネルギー消費量（暖冷房，給湯，照明など）は全国平均の約1.4倍であり，そのうちの約5割が暖房，約2割が給湯用途となっている．省エネルギー化を図るためには，エネルギー需要の多い暖房と給湯への同時対応が必要と考えられる．しかし，これまで市場投入された電気式高効率機器は，単機能型ヒートポンプ（給湯機能または暖房機能）に偏った構成となっており，寒冷地の暖房および給湯負荷を同時に賄える高効率なヒートポンプ暖房・給湯機システムの開発は行われてこなかった．



小林雅博* Masahiro KOBAYASHI
伊藤英樹* Hideki ITO
桑原 修* Osamu KUWABARA
石川光浩** Mitsuhiro ISHIKAWA
山田 稔** Minoru YAMADA

2. システムの概要

スプリットサイクル（ガスインジェクション）をCO₂冷凍回路に応用するなど新たな技術開発を行い，外気温度-25℃動作保証の寒冷地向けCO₂自然冷媒ヒートポンプ暖房・給湯機システム（暖房8kW，給湯6kW）を開発し商品化した（図1，表1）．

2.1 独自の暖房・給湯機システム

CO₂ヒートポンプユニット（6kW）2台（A：暖房専用1台，B：暖房・給湯兼用1台），貯湯タンクユニット（370L）1台，中継BOX，リモコン（暖房，台所，風呂）からなる独自システムを構築した（図1，2）．ヒートポンプ

プユニットBは主に給湯機として使用するが，外気温度が低く暖房負荷が大きい場合には，中継BOXを介して暖房機としても使用できる暖房・給湯兼用機である．また，極寒冷時で貯湯稼動時間帯などの高暖房負荷に対応する

表1 製品仕様

項目	仕様	
ヒートポンプユニット	給湯加熱能力	6.0kW
	暖房加熱能力	5.0kW
	寸法(H×W×D)	690×840×290mm
	重量	66kg
中継BOX	寸法(H×W×D)	417×436×438mm
	重量	28kg
	補助ヒーター	3kW
タンクユニット	寸法(H×W×D)	1800×650×740mm
	容量	370L



図1 商品外観図

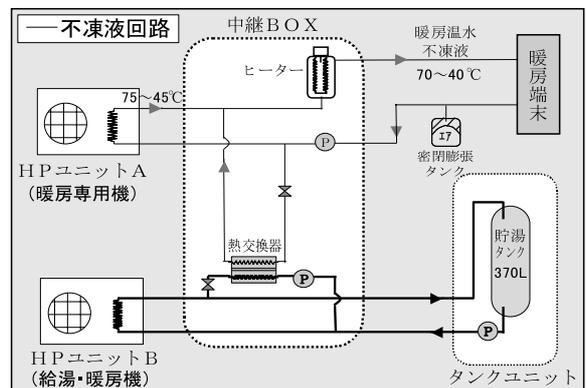


図2 システム概要

* 三洋電機株式会社 SANYO Electric Co., Ltd.
** 北海道電力株式会社 Hokkaido Electric Power Company, Inc.
原稿受理 2009年2月6日

ため、万一の備えとして3kWの補助ヒーターも装備して、暖房能力確保（8kW）をより確実なものとしている。中継BOX内にプレート式ダブルウォール熱交換器を採用し、システムからの熱損失を極力低減させながら、給湯側水回路から暖房側不凍液回路への熱移動を可能にしている（図2）。

2.2 技術的対応

(1) スプリットサイクルのヒートポンプユニット（A, B）への搭載（図3, 4）

ガスクーラ出口の高圧冷媒を中間熱交換器により冷却することで、蒸発器入口乾き度を低下させ冷凍効果を高め、低外気温度時の加熱能力およびCOP（成績係数）を

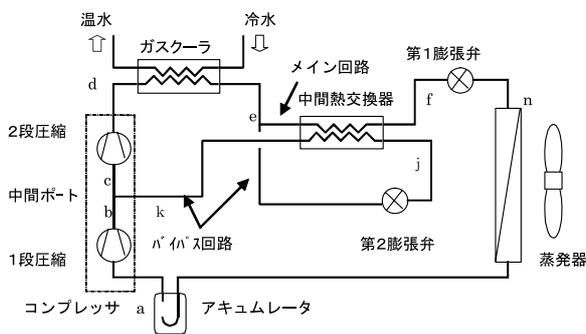


図3 新冷凍回路

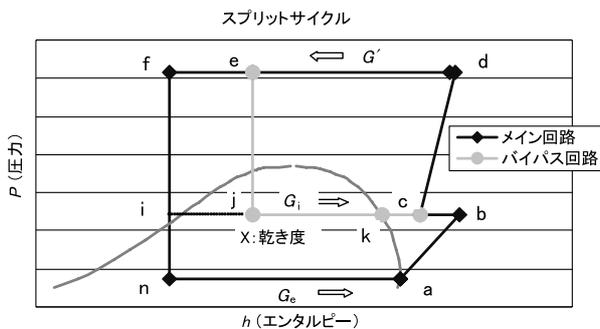


図4 P-h線図

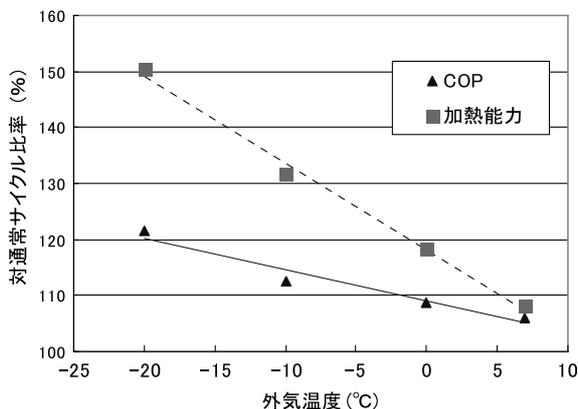


図5 スプリットサイクルの加熱能力およびCOP（通常サイクルを100とした時の比率）

飛躍的に向上させた。図5にスプリットサイクルの加熱能力とCOPの対通常サイクル比較を示した。

ただし、試験条件は、送水温度55℃、戻り温度40℃である。外気温度-20℃で加熱能力は約50%増大し、COPも約20%向上した。（図4でガスクーラ出口冷媒が冷却され、e点からf点に移動する。蒸発器入口n点のエンタルピーが小さくなり、蒸発器入口n点と蒸発器出口a点のエンタルピー差 Δh は大きくなる。したがって、蒸発器能力一定では、蒸発器の冷媒流量 G_e はガスクーラの冷媒流量 G' より小さくて済み、入力を低減することが可能となる。逆に蒸発器を流れる冷媒流量 G_e を一定とするとガスクーラの冷媒流量 G' および能力は増大することになる。いずれの場合においてもCOPは改善される。）

(2) ヒーターレス結氷防止技術

凍結防止コイルを外側の最下段に搭載、高温高圧のガス冷媒を流し蒸発器の結氷を防止する構造とした。

(3) 直接加熱方式

暖房にはタンクのお湯を使用せず、CO₂冷媒と暖房水で熱交換する「直接加熱方式」を採用した。給湯用湯量に影響はないので湯切れの心配がない上に、暖房の連続運転が可能である。

(4) 送水温度移行制御

暖房負荷の増減を把握し、暖房水行き温度設定を自動的に行う機能を組み込むことにより、CO₂ヒートポンプのCOP低下リスクを極力避けるように制御している。リモコンでの暖房水行き温度調節は、低・中・高に設定でき、それぞれ50℃、60℃、70℃にコントロールを開始するが、暖房負荷に応じて暖房水行き温度を自動的に調節する。

3. 市場評価

札幌市、旭川市にて2005年12月よりモニター試験を実施、使い勝手・性能および機器耐久性を含めた問題点抽出を行ってきた。その結果、使い勝手はもちろん、低外気温度条件や住宅負荷変動に対して効率的な制御と性能を確保することができた。なお、札幌市内の標準住宅ベースの試算では、灯油セントラルシステムに比較して年間光熱費で26%の削減、CO₂排出量で34%の削減が可能との結果を得ている。

4. おわりに

寒冷地で一般的な灯油セントラル暖房にも対抗し得る本格的な暖房機能を備えた、寒冷地向けCO₂ヒートポンプ暖房・給湯機システム（多機能型エコキュート）を市場投入することができた。今後、低コスト化および部分負荷時の効率化を進めていくとともに、この技術を欧州に展開し、世界的なCO₂削減にも貢献していきたい。