

311 HC冷媒ヒートポンプチラー

Heat Pump Chiller Using Hydro Carbon as Refrigerant

○正 柴 芳郎 (ゼネラルヒートポンプ) 小野 裕司 (ゼネラルヒートポンプ)
 渥美 朋也 (中部電力) 正 渡邊 激雄 (中部電力)

Yoshiro Shiba, Yuji Ono, Zeneral Heatpump Indutry Co., Ltd
 121 Mishinden Ohdaka-cho Midori-ku Nagoya
 Tomonari Atsumi, Choyu Watanabe, Chubu Electric Power Co., Inc.
 20-1 Kitasekiyama Ohdaka-cho Midori-ku Nagoya

A heat pump chiller using propane as refrigerant applicable to the ice thermal storage system is introduced. HCFCs used as refrigerant have some ODP, and HCFCs and HFCs have high GWP, but HCs such as propane have very low GWP.

The propane refrigerant is promising as the alternative refrigerant of HCFCs and HFCs because of the thermodynamic properties. However, the problem of propane is flammability. We have adopted continuous dilution with an air heat exchanger fan for common use as the security measure if propane leak from the heat pump chiller. It is found that the propane heat pump chiller has higher COP than the R407C heat pump chiller in ice thermal storage operation.

Key Words: HC, Heat Pump, Chiller, Propane, Alternative Refrigerant

1. はじめに

空調用冷媒として従来使用されていた R22 等の HCFC (Hydro Chloro Fluoro Carbon) はオゾン層破壊の問題により規制の対象になっており、その代替冷媒として開発された R407C 等の HFC (Hydro Fluoro Carbon) も地球温暖化への影響は大きい。現在、これら地球環境への影響が 0 に近い冷媒として自然冷媒が注目されている。

筆者らは、自然冷媒である炭化水素 (Hydro Carbon, HC) のプロパンを用いた氷蓄熱運転が可能なヒートポンプチラーを開発した。本稿では、強燃性であるプロパンを冷媒として使用する上での安全対策および実証試験の結果を述べる。

2. プロパン冷媒の特徴

自然冷媒とは、人工的に合成するフロン等とは異なり、自然界に存在する物質を用いた冷媒である。プロパン (C_3H_8) やブタン (C_4H_{10}) 等は、構成原子が水素 (H) および炭素 (C) のみである炭化水素冷媒であり、自然冷媒の一つである。R22、R407C およびプロパンの物性値を表 1 に示す。

プロパンは大気中に放出してもオゾン層破壊や地球温暖化にほとんど影響しないという特長がある。すなわち、プロパンのオゾン層破壊係数 (ODP) は 0 で、地球温暖化係数 (GWP) は 3 であり R22 や R407C の 1/500 以下である。しかし、プロパンは、毒性はないものの強燃性であり、空調用冷媒として使用する場合には漏洩時の対策が必要である。

プロパンは、沸点が R22 や R407C とほぼ同じであり、R22 や R407C の代替冷媒として使用できる。また、成績係数 (COP) が、従来用いられてきた R22 と比較して同等の値が得られるといった熱サイクル特性上の特長もある。

3. 安全対策

ヒートポンプチラー内の冷媒回路は密閉回路であるため、プロパン冷媒が漏洩する可能性は小さいが、プロパンは強燃性であり、万が一漏洩した場合の対策が必要である。

開発機は、冷媒を直接負荷側へ搬送する直膨方式ではなく、一度ブラインや冷温水と熱交換し、負荷側へ熱を搬送する間接方式として用いる。また、屋外設置を基本としているので、冷媒配管からプロパン冷媒が漏洩して室内に流入することはない、万が一冷媒が漏洩しても外気に放出されるので、爆発雰囲気形成することがない。

さらに、図 1 に示されるような希釈式内圧防爆構造を考案し実用化した。

図 1 において、下部ドレンパンから流入した保護ガスである空気は、筐体内下部を通り、中央部ドレンパンの通風口を通り、左右に回り込んでから筐体内上部に到達し、筐体内上部の開閉口からの外気とともに空気熱交換器に入り、

Table1 Properties of Refrigerant

	Unit	R22	R407C	Propane
Refrigerant Type	-	R22	R407C	R290
Composition	-	CHClF ₂	CH ₂ F ₂ + CHF ₂ CF ₃ + CH ₂ FCF ₃	C ₃ H ₈
Molecular Weight	-	86.469	86.204	44.097
Boiling Temp.	°C, at 1atm	-40.82	-43.57	-42.1
Saturated Vapor Pressure	MPa, at 25°C	1.044	1.019	0.9518
Critical Temp.	°C	96.15	86.54	96.8
Ignition Temp.	°C/ASTM	-	-	432
Burning Range	Vol%	-	-	2.4~9.5
Toxicity AEL(TLV)	ppm	1000	1000	1000
Vapor Density	kg/m ³ , at 25°C, 1atm	3.587	3.582	1.832
Saturated Liquid Density	kg/m ³ , at 25°C	1191.0	1138.0	492.5
ODP		0.055	0	0
GWP		1700	1500	3

防爆型ファン通って筐体の外へ排気される。

万が一プロパン冷媒が漏洩した場合、筐体内に設置されたガス漏洩感知機によってガスの漏洩を感知すると、圧縮機や弁の運転を停止するが、希釈用ファンを兼ねた空気熱交換器用ファンは運転を行い、プロパンと混合した空気は、ファンを通り外気へ排出される。ただし、ファンの電気部分は発火源になるおそれがあるので、ファンは防爆仕様のものを用いている。

空気熱交換器用ファンが稼働している間は、外気から供給される保護ガスである空気によって、筐体内部の空気が常時入れ替わることになり、万が一プロパン冷媒が漏れた場合でも、筐体内部の空気は爆発限界下限濃度未満まで希釈されることにより、防爆の状態となる。

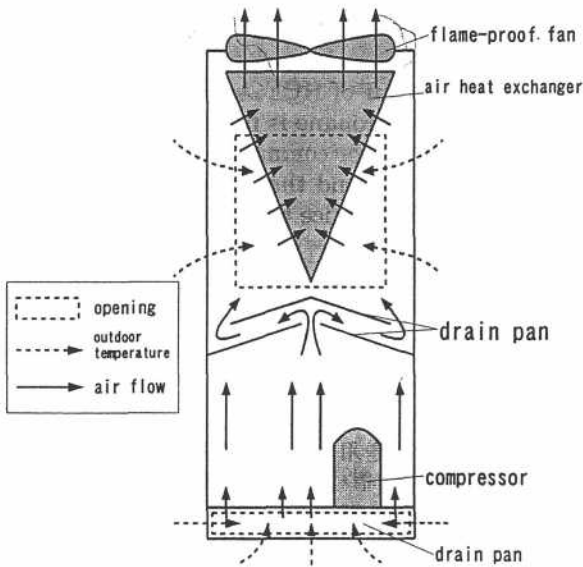


Fig.1 Continuous Dilution

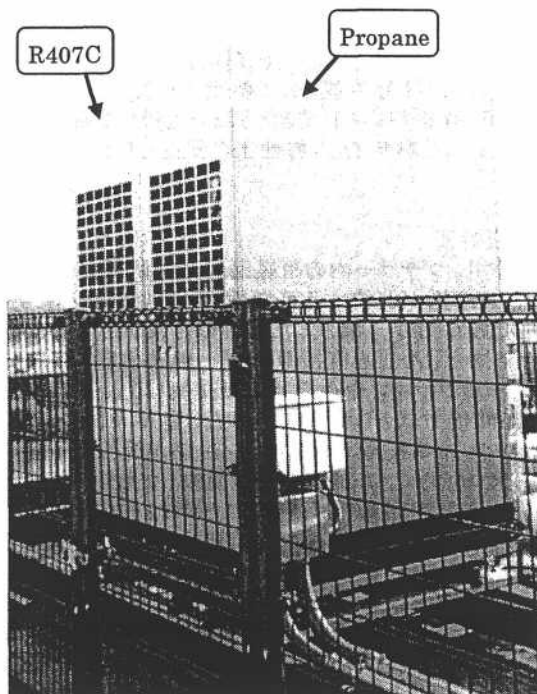


Fig.2 R407C and Propane Heat Pump Chiller

4. 実証試験

開発機を中部電力エネルギー応用研究所の氷蓄熱式セントラル空調の熱源機として運転し、性能および安全性に対する実証試験を行った。また、R407C 機も同時に運転を行い性能の比較を行った。試験機の外観を図2に示す。

プロパン機と R407C 機の仕様を表 2 に示す。各機の基本構造は同じであるが、開発機については、筐体および圧縮機はプロパンの強燃性に対する対策が付加されている。筐体は前述の希釈式内圧防爆構造であり、圧縮機はプロパン専用のものを用いた。

氷蓄熱標準条件におけるプロパン機と R407C 機の能力と COP を表 3 示す。氷蓄熱運転において R407C 機と比較して開発機であるプロパン機は COP が上まわる結果となった。

また、2年半にわたる実証試験期間中、プロパン冷媒の漏洩や作業上のトラブルもなく、安全性を確認した。

Table2 Specifications of R407C and Propane Heat Pump Chiller

	R407C	Propane
External Size	800W x 1700L x 2350H	
Compressor Type	Hermetic Scroll	Semi-hermetic Reciprocating
Compressor Normal Power	7.5HP/5.63kW	5.5HP/4.0kW
Fan Normal Power	0.2 kW	
Water Heat Exchanger	Copper Multi Pipe	
Air Heat Exchanger	Plate Fin	

Table3 Capacity and COP of Heat Pump Chiller in Ice Thermal Storage Operation

Refrigerant	Capacity[kW]	COP	Condition
R407C	15.1	2.2	Cool Brain Outlet:-5°C Ambient:25°C
Propane	16.3	3.0	Cool Brain Outlet:-5°C Ambient:25°C

5. まとめ

プロパン冷媒を用いたヒートポンプチラーを開発し、氷蓄熱運転の実証試験を行った。従来の R407C 機と比較して高い COP が得られたとともに、2年半にわたる空調実証試験を行い、安全性を確認した。

また、プロパンとイソブタンを混合して冷媒として利用する高温給湯型 HC ヒートポンプチラーも開発中であり、用途の拡大を期待している。