

## 《特集①：新冷媒対応》

## 排熱回収型氷蓄熱式ヒートポンプ

＜新冷媒R407C、R134a対応ヒートポンプ冷暖房給湯機＞

ゼネラルヒートポンプ工業(株) 柴 芳郎  
Yoshiro Shiba

## 1. はじめに

エアコンの冷媒やスプレーなどに使われるフルオロカーボン（フロン）に組成として塩素（元素記号：Cl）が含まれている場合、大気中に放出された冷媒は、成層圏中で光分解して塩素を放出してそれがオゾン（ $O_3$ ）と反応することによってオゾン層を破壊する。オゾン層が破壊されると成層圏のオゾン層で吸収していた有害な紫外線が、地表により多く到達するため、皮膚ガンの増加、生態系の変化等の悪影響が生じると言われている。

当社においては、空調・給湯用ヒートポンプの冷媒として従来はフルオロカーボンR22（分子式： $CHClF_2$ ）を使用していたが、オゾン層破壊の問題がないR407C冷媒が冷媒メーカーより開発されてから早急に導入を検討、製品開発を行い、1997年より日本において初の新冷媒R407Cを使用した氷蓄熱ヒートポンプを発表し、その年より製品を出荷している。現在は新規製品についてはほとんどすべてR407C冷媒のヒートポンプを採用している。

R407CはR32（ $CH_2F_2$ ）、R125（ $CHF_2CF_3$ ）、R134a（ $CH_2FCF_3$ ）の3種の冷媒が重量比23%、25%、52%で混合された冷媒であり、元素として塩素は含まれていないのでオゾン層を破壊することはない。

また、R407Cの1成分でもあるR134a冷媒を100%用いた65℃出湯可能な高温型ヒートポンプ冷暖房給湯機も発表しており、もちろんR134aには組成として塩素は含まれていない。

## 2. R407C冷媒の特徴

R407CはR22の代替冷媒であり、圧力と能力はほぼ同等である（第1表）。当社において、空調・給湯用ヒートポンプの冷媒としてR22を用いていたが、現在はR407Cを採用している。また、R22用の圧縮機の冷凍機油としては鉱物油を使用していたが、R407Cの冷凍機油としてポリオールエステル油を使用している。また、R407Cは吸湿性を持つためにドライヤー（吸湿器）を設置している。システムデザインは大きく変わることはないので、R22のシステムとほぼ同等の製品コストを実現している。

第1表 冷媒物性値表

項目	単位	R12	R22	R134a	R407C
冷媒記号	—	R12	R22	R134a	R407C
分子式	—	$CCl_2F_2$	$CHClF_2$	$CH_2FCF_3$	$CH_2F_2 + CHF_2CF_3 + CH_2FCF_3$
分子量	—	120.91	86.47	102.032	86.2
沸点	℃、at 1atm	-29.79	-40.82	-26.07	-43.84
飽和ガス蒸気圧	MPa、at 25℃	0.6506	1.044	0.6654	1.019
臨界温度	℃	112.0	96.15	101.06	94.9
ガス密度	$kg/m^3$ 、at 25℃、1atm	5.038	3.587	4.258	3.582
飽和液密度	$kg/m^3$ 、at 25℃	1,311	1,191	1,206.7	1,138
飽和ガス密度	$kg/m^3$ 、at 25℃	36.83	44.23	32.35	43.76
蒸発潜熱	$kJ/kg$ 、at 25℃	139.3	182.7	177.8	183.5
オゾン層破壊係数	(ODP)	1.0	0.055	0	0
地球温暖化係数	(GWP)	4,500	1,700	1,300	1,500

### 3. R134a冷媒の特徴

R134aはカーエアコン用の新冷媒として有名であるが、従来はR12 (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) が使用されていた。

R134aはR22やR407Cと比較して同温において圧力が約60%であり、逆に同圧力においては温度が高いということになる(第1表)。当社ではこの点に着目し、R407C機のシステムデザインをほとんど変えることなく、冷媒をR134aとすることによって65℃瞬間出湯が可能な高温給湯・高温暖房が可能な排熱回収型氷蓄熱ヒートポンプ冷暖房給湯機を開発した。

R134aはR407C混合冷媒の1成分であるので、R407C機と同様に冷凍機油と吸湿性について注意する必要があるが、R22からの大きなシステムデザイン変更はない。

### 4. 空冷・水冷・高温型

当社における排熱回収型氷蓄熱式ヒートポンプには大きく分けて以下の4種類の方式がある。

- 空冷式 (冷媒: R407C)
- 水冷式 (冷媒: R407C)
- 空水冷式 (冷媒: R407C)
- 高温型 (空冷・水冷) (冷媒: R134a)

空冷式は家庭用のエアコンと同様に、外気に熱を放出または外気から熱を吸収することによって冷却や加熱を行う方式であり、外気を利用するので寒冷地以外の場所で設置が可能である(第2表)。

水冷式は、水熱源すなわち、河川水、海水、地下水、井戸水、下水処理水、クーリングタワー、地中熱交換器内のライン等、連続して行う放熱や吸熱を処理できるもの(熱源)がある場合に使用され、一般的には空冷よりも能力と効率が高く、除霜をする必要がないという利点がある(第3表)。

空水冷式は、空冷運転と水冷運転の両方を切り替えて行うことができ、熱源の状態に応じて、空気熱交換器と熱源水熱交換器を切り替えることによって、常時効率のよい運転を行うことができるようになっている。

高温型は、空冷でも水冷でも可能であり、温水温度として55℃以上65℃未満の高い温度の温水が必要な場合に使用される。レジオネラ細菌で汚染された浴槽のジャグジーや開放式冷却塔から飛散するエアロゾルを吸い込みレジオネラ肺炎を起こす事故が起きているが、予防対策として、冷却塔を使用せずに空冷のヒートポンプを利用し、高温型ヒートポンプにより貯湯槽

第2表 R407C対応空冷ヒートポンプ冷暖房給湯機仕様

項目	最小モジュール	ZQ-10A10-□□-C	ZQ-15A15-□□-C	ZQ-20A20-□□-C	ZQ-30A30-□□-C
名称	排熱回収型氷蓄熱式ヒートポンプ冷暖房給湯機				
適用空調方式	セントラル蓄熱式空調(空冷ヒートポンプチラー)				
運転モード	空冷モード	冷却運転(冷房・氷蓄熱)			
		加熱運転(暖房・温水蓄熱・給湯・給湯加温)			
	水冷モード	冷却(冷房・氷蓄熱)・加熱(暖房・給湯・給湯加温)同時運転			
		水冷運転(空水冷切替機種の場合)			
定格能力 <sup>*1, *2</sup>	冷却能力 kW	23.3/27.9	34.9/41.9	46.5/55.8	69.8/83.7
	氷蓄熱能力 kW	16.5/19.8	24.8/29.7	32.9/39.5	49.4/59.3
	加熱能力 kW	27.1/32.6	40.7/48.8	54.3/65.1	81.4/97.7
	給湯能力 kW	22.8/27.3	34.2/41.1	45.6/54.7	68.4/82.0
電源	3相200V 50/60Hz				
キャビネット	高さ mm	2,250	2,250	2,550	2,550
	幅 <sup>*2</sup> mm	800	800	1,000	1,000
	奥行き mm	1,700	1,700	1,800	1,800
圧縮機	全密閉スクロール				
	定格出力 <sup>*2</sup> kW	7.5×1	11×1	7.5×2	11×2
送風機	モーター出力 <sup>*2</sup> kW	0.15×2	0.4×2	0.75×2	0.75×2
冷媒	R407C				
	法定冷凍能力	法定冷凍トン <sup>*2</sup>	2.96/3.55	4.32/5.18	5.92/7.10

※1 定格能力 運転条件 冷却:冷水入口温度12℃、冷水出口温度7℃;外気温35℃DB  
 氷蓄熱:ライン入口温度-2℃、ライン出口温度-5℃;外気温25℃DB  
 加熱:温水入口温度40℃、温水出口温度45℃;外気温7℃DB、6℃WB  
 給湯:温水入口温度45℃、温水出口温度50℃;外気温7℃DB、6℃WB

※2 モジュール数倍となります。キャビネットの高さや奥行きは変わりません。

第3表 R407C対応空冷ヒートポンプ冷暖房給湯機仕様

項目	最小モジュール	ZQ-10W10-□□-C	ZQ-15W15-□□-C	ZQ-20W20-□□-C	ZQ-30W30-□□-C
名称	排熱回収型氷蓄熱式ヒートポンプ冷暖房給湯機				
適用空調方式	セントラル蓄熱式空調（水冷ヒートポンプチラー）				
運転モード	冷却運転（冷房・氷蓄熱）				
	加熱運転（暖房・温水蓄熱・給湯・給湯加温）				
	冷却（冷房・氷蓄熱）＋加熱（暖房・給湯・給湯加温）同時運転				
定格能力 <sup>※1、※2</sup>	冷却能力 kW	25.2/30.2	37.8/45.4	50.4/60.5	75.6/90.7
	氷蓄熱能力 kW	17.4/20.9	26.2/31.4	34.9/41.9	52.3/62.8
	加熱能力 kW	31.1/37.2	46.5/55.8	62.0/74.4	93.0/111.6
	給湯能力 kW	27.1/32.6	40.7/48.8	54.3/65.1	81.4/97.7
電源	3相200V 50/60Hz				
キャビネット	高さ mm	2,250	2,250	2,250	2,250
	幅 <sup>※2</sup> mm	800	800	800	800
	奥行き mm	1,700	1,700	1,700	1,700
圧縮機	全密閉スクロール				
	定格出力 <sup>※2</sup> kW	7.5×1	11×1	7.5×2	11×2
冷媒	R407C				
法定冷凍能力	法定冷凍トン <sup>※2</sup>	2.96/3.55	4.32/5.18	5.92/7.10	8.64/10.36

※1 定格能力 運転条件 冷却：冷水入口温度12℃、冷水出口温度7℃；冷却水入口温度30℃、出口温度35℃  
 氷蓄熱：ブライン入口温度-2℃、ブライン出口温度-5℃；冷却水入口温度25℃、出口温度30℃  
 加熱：温水入口温度40℃、温水出口温度45℃；熱源水入口温度14℃、出口温度9℃  
 給湯：温水入口温度45℃、温水出口温度50℃；熱源水入口温度14℃、出口温度9℃

※2 モジュール数倍となります。キャビネットの高さや奥行きは変わりません。

をレジオネラ菌が死滅する温度55℃以上に保持することが可能である（第4表）。

### 5. 各種運転

排熱回収型氷蓄熱式ヒートポンプは機種によって以下の運転が可能である。

- 冷却運転（冷房運転）
  - 加熱運転（暖房運転・給湯加温運転）
  - 給湯運転（瞬間給湯運転）
  - ブライン冷却運転（氷蓄熱運転）
  - ブライン加熱運転（温水蓄熱運転）
  - 冷却・給湯同時運転（冷房給湯排熱回収運転）
  - 冷却・加熱同時運転（冷房給湯加温排熱回収運転）
  - 氷蓄熱・給湯同時運転（氷蓄熱給湯排熱回収運転）
- 冷却負荷と加熱負荷が同時にあ

第4表 高温型空冷ヒートポンプ冷暖房給湯機仕様

項目	最小モジュール	ZQ-10A10-□□-A	ZQ-20A20-□□-A
名称	高温型ヒートポンプ冷暖房給湯機		
適用空調方式	セントラル蓄熱式空調・給湯（空冷ヒートポンプチラー）		
運転モード	空冷モード	冷却運転（冷房） 加熱運転（暖房・給湯・給湯加温）	
	水冷モード	冷却（冷房）加熱（暖房・給湯・給湯加温）同時運転	
定格能力 <sup>※1、※2</sup>	冷却能力 kW	24.4/26.7	48.8/53.5
	加熱能力 kW	27.9/30.2	55.8/60.5
	給湯能力 kW	23.3/25.6	46.5/51.2
電源	3相200V 50/60Hz		
キャビネット	高さ mm	2,250	2,550
	幅 <sup>※2</sup> mm	800	1,000
	奥行き mm	1,700	1,800
圧縮機	全密閉スクロール		
	定格出力 <sup>※2</sup> kW	7.5×1	7.5×2
送風機	モーター出力 <sup>※2</sup> kW	0.4×2	0.75×2
冷媒	R407C		
法定冷凍能力	法定冷凍トン <sup>※2</sup>	2.94/3.53	5.88/7.06

※1 定格能力 運転条件 冷却：冷水入口温度12℃、冷水出口温度7℃；外気温35℃DB  
 加熱：温水入口温度40℃、温水出口温度45℃、外気温7℃DB、6℃WB  
 給湯：温水入口温度55℃、温水出口温度60℃、外気温7℃DB、6℃WB

※2 モジュール数倍となります。キャビネットの高さや奥行きは変わりません。

る場合、特に、冷房と給湯、氷蓄熱と給湯の負荷が同時にある場合は、排熱回収運転を行い、外気や水熱源に捨てていた熱を温水（給湯）として利用することにより、冷却運転時の2倍以上の効率を実現できるので、経済的にも環境的にも有効である。

氷蓄熱運転は、安価でCO<sub>2</sub>排出量の少ない夜間電力を利用して氷という形で冷熱を蓄え、昼間の電力ピーク時に氷を解かして冷房を行うので、こちらも経済的で環境にやさしい。

さらに、氷蓄熱運転と給湯を同時に行い、深夜電力を利用すると、さらに経済的で省エネルギーとなる。

### 6. モジュラー方式（台数制御）

当社ヒートポンプはモジュラー方式を用いており、最小単位である10HP、15HP、20HP、30HPの筐体を横方向に連結し、冷温水やラインを連結させて大容量に対応しており、1台として10HPから300HPまで対応しており、ターボチャージャー等と比較して設置面積は小さくなっている。また、容量制御として台数制御を行っているため、各冷媒系統で圧縮機能力を最大限利用できるようになっている。また、万が一ある一系統が故障しても他系統に影響を及ぼさないため、システムとして若干能力が落ちるものの、システムを停止させることがないので稼働率が高くなっている。

### 7. 空調システム

実際にヒートポンプがシステムに組み込まれる場合は機能の異なるヒートポンプを組み合わせる使用が多い。ここではその代表的な例として津島市民病院（以下敬称略）への納入事例を説明する。

第5表に津島市民病院へ納入したヒートポンプのリストを示す。津島市民病院の新築工事に順じて第1期として平成10年10月に4台計375馬力、第2期として平成12年7月にも同様に4台計375馬力、第3期として平成13年10月に2台計150馬力の合計900馬力相当のヒートポンプを納入した。

代表として第1期分の系統図を第1図に示す。第2期は第1期と全く同様のシステムとなっており、第3期は給湯のない氷蓄熱と冷温水のシステムである。

CHU1-1は夏季において氷蓄熱を行いながらその排熱を利用して給湯を行う排熱回収を行い、給湯負荷が

第5表 津島市民病院納入機器リスト

記号	型式	名称	備考
CHU1-1	ZQ-105A15-BK-C (105馬力)	排熱回収型氷蓄熱式冷暖房給湯機	第1期
CHU1-2	ZQ-105A15-BR-C (105馬力)	氷蓄熱式冷暖房機	第1期
CHU1-3	ZQ-60A15-BR-C (60馬力)	氷蓄熱式冷暖房機	第1期
CHU1-4	ZQ-105A15-R-C (105馬力)	冷暖房機	第1期
CHU2-1	ZQ-105A15-BK-C (105馬力)	排熱回収型氷蓄熱式冷暖房給湯機	第2期
CHU2-2	ZQ-105A15-BR-C (105馬力)	氷蓄熱式冷暖房機	第2期
CHU2-3	ZQ-60A15-BR-C (60馬力)	氷蓄熱式冷暖房機	第2期
CHU2-4	ZQ-105A15-R-C (105馬力)	冷暖房機	第2期
CHU3-1	ZQ-75A15-RB-C (75馬力)	氷蓄熱式冷暖房機	第3期
CHU3-2	ZQ-75A15-RB-C (75馬力)	氷蓄熱式冷暖房機	第3期

※合計900馬力相当

なくなった場合は空冷にて氷蓄熱を行う。夜間中に夜間電力を用いて氷蓄熱と給湯を行い、昼間は氷を解氷して昼間の冷房運転における電力デマンドを抑えている。冬季は夜間に給湯を優先して行い、給湯が完了した後氷蓄熱槽に温水を蓄える。CHU1-2とCHU1-3は氷蓄熱運転と冷温水運転を切り替えるタイプであり、CHU1-4は冷温水専用である。二次側への熱の供給は貯湯槽や冷温水クッションタンクから冷温水をポンプによって搬送することによって行われる。こちらの施設ではデマンド制御を行っており、デマンドを超えそうな場合は熱源機を停止して、氷蓄熱の放熱を優先するような制御を行っている（写真1、写真2）。

### 8. おわりに

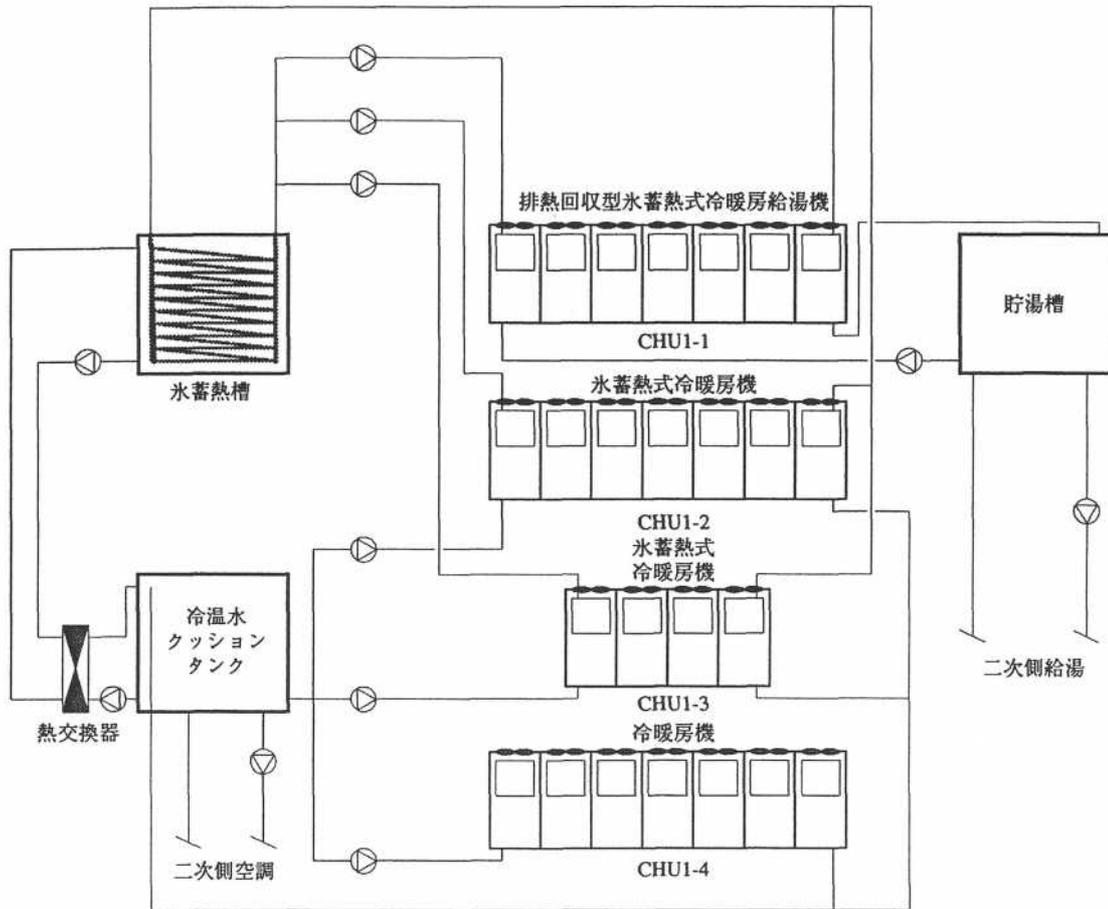
オゾン層破壊の問題のない新冷媒R407C対応の排熱回収型氷蓄熱式ヒートポンプ冷暖房給湯機を紹介した。夏季においては夜間電力を用いた氷蓄熱とともにその排熱を利用して「給湯」と言う形で蓄熱を行うことができるので、環境にやさしく経済的である。

高温型ヒートポンプと組み合わせることにより、冬季においても高温で蓄熱して空調や給湯に利用するシステムを構築することもできる。

第6表に新冷媒R407C、R134a対応の空冷、水冷ヒートポンプの納入実績概要を示す。

新冷媒R407C、R134aの他にも、次世代自然冷媒であるR290対応氷蓄熱式ヒートポンプ冷暖房給湯機も開発・販売しており、こちらはオゾン層破壊の問題に加えて、地球温暖化の問題にも対応している。

地中熱利用小型ヒートポンプ冷暖房給湯機を開発し、平成13年12月に商品化した。こちらも新冷媒R134aを使用しており、効率の良い地中熱源を利用した冷暖房給湯機である。



第1図 津島市民病院（第1期）熱源系統図

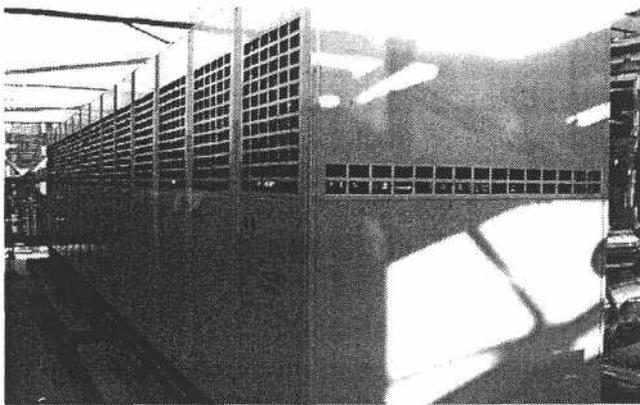


写真1 排熱回収型水蓄熱式冷暖房給湯器（津島市民病院）

第6表 新冷媒R407C、R134a対応ヒートポンプ納入実績概要

年	物件数	合計馬力数
1997年	5件	690馬力
1998年	10件	1,720馬力
1999年	13件	1,855馬力
2000年	18件	2,540馬力

当社では特別仕様のヒートポンプを容易に構築することもでき、顧客のニーズに合わせて最適なシステムを提案・提供している。



写真2 津島市民病院建物外観

【筆者紹介】

柴 芳郎

ゼネラルヒートポンプ工業(株) 開発部 課長  
〒459-8001 名古屋市緑区大高町巳新田121  
TEL : 052-624-6368 FAX : 052-624-6095  
E-Mail : yoshi@zeneral.co.jp