

# 新型空冷チルドタワー®の開発

Development of New Air-Cooling Type Chilled-Tower®

木ノ下雄介\* Yusuke Kinoshita  
端野勝利\* Katsutoshi Hashino  
樋口政司\* Masashi Higuchi  
高田栄治\* Eiji Takata

チルドタワーは、密閉式冷却塔とチラーを一体化した当社独自の省エネルギー型中低温冷水（15～25℃）供給機である。チルドタワーには水冷式と空冷式があり、水冷式は高い省エネルギー性の利点はあるが、散水の水質管理が煩わしく、近年省メンテナンスの観点から空冷式が注目されるようになってきた。しかし空冷式のチルドタワーは、冷却塔にあたる空冷式熱交換器部が大きくなり、設置面積を必要とすることに加え、大容量機種が構成できないという課題があった。

そこで、空冷式の最大の長所である省メンテナンス性を生かしながら短所にあたる部分の解消を目指して開発に着手した。開発にあたり、特に問題となっていた熱交換器については、省エネルギー性と価格のバランスを見直すことにより小型化した。また従来別々に組み立てていた熱交換器部とチラー部をひとつのフレームに組み込んだ、モジュールユニット構造とすることにより、大容量機種のラインアップを容易にした。本報告はその経緯と詳細について述べる。

A Chilled-Tower is a highly energy-conserving cooling tower combined with a chiller, that produces water at a mid-range temperature (15 ~ 25 °C). There are two types: air-cooling and water-cooling. The latter has a very high energy-conserving performance, but managing the water-showering quality is difficult. Recently, demand for the air-cooling type has increased due to its lower maintenance costs. However, the size of its air-cooling heat exchanger requires a large unobstructed area. By retaining the maintainability of the air-cooling type and resolving some of its defects, authors developed a more compact air-cooling type Chilled-Tower that is modularized with the radiator and air-cooling chiller.

## ① 緒 言

はじめにチルドタワーの概略について述べる。チルドタワーは、製造装置の冷却や空調のための冷水を製造する機器である。製品の高密度化や高精度化により、15～25℃程度の中低温冷水の需要が増大しているが、通常、この温度域の冷水を製造する場合、チラーと熱交換器、水槽を組み合わせたシステムが用いられ、例えば20℃の冷水を得るためには、チラーで7℃の冷水を造って熱交換器や三方弁で20℃に制御するという無駄を生じていた。当社のチルドタワーはこのシステムの問題を解消する機器として、密閉式冷却塔とチラーを一体化し、大気冷熱を利用した冷却塔での冷却水製造を最大限行い、消費電力の大きい圧縮機の稼働を極力抑えた、省エネルギー型中低温冷水供給機である。

ギー型中低温冷水供給機である。

チルドタワーには、冷却塔の構造の違いから水冷式と空冷式がある。水の蒸発潜熱を利用する水冷式は、高い省エネルギー性を有しているが、散水の水質管理を怠ると、冷却塔部にスケールや藻類が付着して性能低下などのトラブルが生じやすい。一方、空冷式は空気の顕熱を利用するため本質的に効率は低いが、構造が単純で煩わしい水質管理が不要のためメンテナンス性に優れている。

したがって、水の使用に問題がなく、能力や省エネルギーを優先する場合は水冷式、水質や水道料金などに問題がある場合は空冷式が推奨されてきた。

一方、省メンテナンスの観点から空冷式が注目されるようになってきたが、原理の違いから、同じ能力の水冷式と比較して設置面積が大きい、大容量機種が無い、騒

\*日立金属株式会社 桑名工場

\*Kuwana Works, Hitachi Metals, Ltd.

音が大きいなどの課題があり、さまざまな顧客ニーズにこたえるには製品の改良が急務であった。

そこで、空冷式の長所を生かしながら、上記課題の解消をめざした新型の開発に着手し、小型化とモジュール化を大きな特長とする新型の商品化にこぎつけた。

## ② 空冷チルドタワーの概要

### 2.1 構造

水冷チルドタワーは、密閉冷却塔とチラーの凝縮器を一体化した渦巻き多管式銅コイルに散水し、送風機により吸入した外気を利用して銅コイルから放熱する。これに対して空冷チルドタワーは、冷却塔をラジエータに代え、チラーの凝縮器を空冷式とした構成となる。従来型（初期型）の空冷チルドタワーと水冷チルドタワーの外観およびサイズを図1、図2に示す。これを見ると従来型空冷チルドタワーの外形は能力の割に大きい。

空冷式は水冷式と同様、機器の構成は上下二段構造であり、機器上部には、送風機、アルミプレートフィンタイプの空冷式熱交換器（ラジエータと凝縮器）が、下部にはスクロール圧縮機、蒸発器および制御盤などが設けられている。放熱効率の観点から、通常、ラジエータを

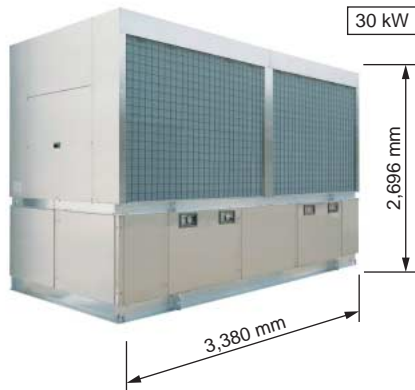


図1 初期型空冷チルドタワーの外観（HICS-401A）  
Fig. 1 Air-cooling type Chilled-Tower (current model).

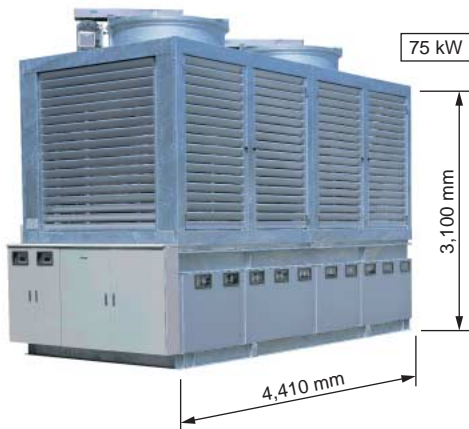


図2 水冷チルドタワーの外観（HICS-1002W）  
Fig. 2 Water cooling type Chilled-Tower.

風上側に、凝縮器を風下側に配置し、温度こう配を考慮して、いずれも対向流としている。

### 2.2 動作メカニズム

空冷チルドタワーのシステムを図3で説明すると、まず負荷の熱を吸収した冷却水は、その負荷に供給する水温に比べて外気温が低い場合にはラジエータのみで冷却（フリークーリング）され、このときチラーは休止状態となる。冷却水は、送風機のインバーター制御で適温に維持され、その結果送風電力も低減される。外気温が上がり、ラジエータの冷却能力が不足すれば、チラーを必要台数だけ運転し適温に保つ。外気温が負荷から戻ってきた冷却水の温度より高い場合には、ラジエータを経由せず、チラーだけで冷却する（バイパス機能）。

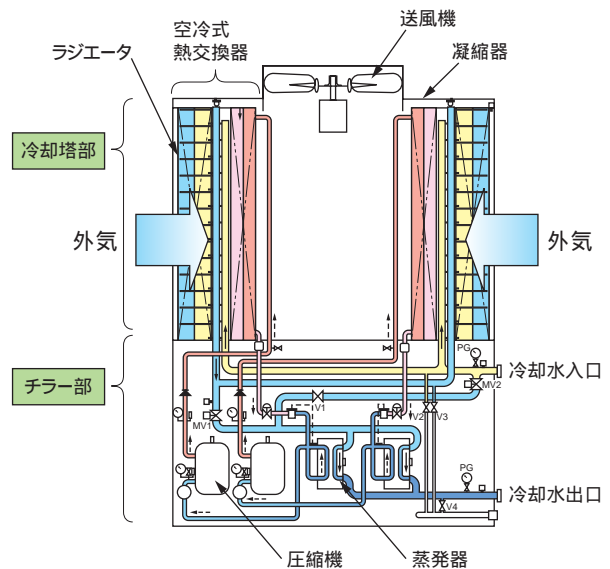


図3 初期型空冷チルドタワーのシステム系統  
Fig. 3 Structure of air-cooling type Chilled-Tower (current model).

### 2.3 空冷チルドタワーの特長

空冷チルドタワーの主な特長をまとめると、

- (1) 散水の水質管理および上下水道費が不要
  - (2) 省エネ自動運転  
ラジエータの優先的活用により、消費電力の大きい圧縮機の運転期間を短縮し、大幅に省エネ
  - (3) 結露部の無い基本構造
  - (4) 容易なメンテナンス性
- などが列挙される。

一方、改善を要する点は、装置の大型化である。これを改善し、さらに送風機の調整作業などが省力化できればメンテナンス・フリーに近づけるものと期待できる。そこで筆者らは空冷チルドタワーをさらに進化させた新しい空冷チルドタワーの開発に着手した。次項以下にその詳細を述べる。

### ③ 開発方針

#### 3.1 構造設計

空気の顕熱（状態変化を伴わない熱）を利用する空冷チルドタワーは、水の蒸発潜熱（状態変化を伴う熱、気化熱など）を利用する水冷式に比べて熱交換効率は本質的に低い。したがって、**図1**と**図2**を比較するとわかるように、能力の割に大きな設置スペースが必要であった。新型の開発にあたっては、小型化と性能のバランスが設定しやすい構造を目指して以下の方針で検討を進めた。

- (1) 小型化のためにモジュールユニット構造を検討
- (2) 同時にコアモジュールを複数台搭載して容量アップが可能な構造とし、製品ラインアップを充実させる
- (3) 外観寸法は、メンテナンスできるスペースを確保しつつ、運搬上の高さ制限を考慮したコンパクト設計を行い、水冷式と同等を目標とする
- (4) 使用機器は調達が容易でかつ調整不要な機種を選定し、メンテナンスフリーをめざす

#### 3.2 性能目標

標準的な生産冷却水の仕様、すなわち冷却水供給温度20℃、冷却水出入口温度差5℃、定格外気温35℃を設計点として、性能目標を以下のように定めた。

- (1) 冷却能力は圧縮機出力15 kWコアモジュールユニットで69.7 kW以上（50 Hz）
- (2) 運転音はコアモジュールユニットで初期型空冷モデルに対して5 dB以上低減
- (3) フリークーリング期間  
東京地方の気象条件で、4か月以上

#### 3.3 価格目標

空冷チラーシステムと新型空冷チルドタワーとの設備費の差額を、ランニングコストの差額によって、2年以内に回収できることを目標とする。

以上の開発方針のもと、検討に着手した。検討は次の開発ステップを踏んで進めた。

- (1) 冷凍サイクルの見直し
- (2) 空冷式熱交換器（ラジエータ・凝縮器）の改良
- (3) コアモジュールユニットの構造設計
- (4) 15 kW型試作機における冷却能力試験と改良
- (5) 30 kW型試作機における冷却能力試験

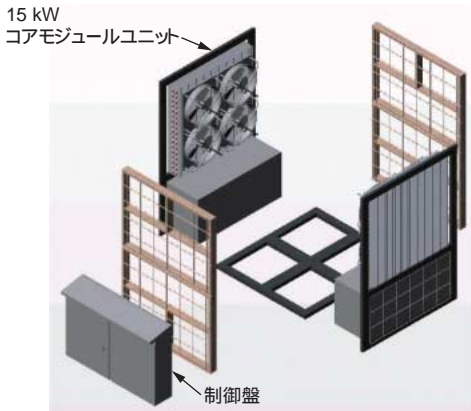


図4 モジュールユニット方式  
Fig. 4 Modular unit system.

### ④ 新型空冷チルドタワー

上述の手順で新型機的设计・試作，試験，改良検討を行った。その経緯と、あわせて開発品の概要，特性について述べる。

#### 4.1 モジュールユニット方式

新たに考案したモジュールユニット方式（**図4**）は、圧縮機出力15 kWの熱交換器，圧縮機などの冷凍サイクル機器，送風機を一つのフレームに納めた，コアモジュールを必要台数だけ組み込むものである。これにより、同じ出力の水冷タイプと同サイズになり，設置スペースに影響されることなくニーズに合わせて水冷式，空冷式の選択が可能となった。なお標準機種は，60 kW型をラインアップに加えた4機種であるが，本方式の採用により，ベースフレームの変更のみで容量拡大が可能となった。今後，市場の要請に応じて大容量機種のラインアップも検討する予定である。

#### 4.2 新型空冷チルドタワーの効果

新30 kW型の外観を**図5**に，システム系統図を**図6**に示し，新型の特長を以下に列挙する。

- (1) 省スペース  
モジュールユニット方式の採用により，設置スペースは初期型比，40%減とコンパクト化
- (2) メンテナンス性の向上  
熱交換器の背面に吸気仕様の送風機を取り付けることで，吸込み空気室が不要となり，送風機の運転確認が容易となった
- (3) 信頼性向上  
送風機に新たに高静圧大流量型の軸流ファンを採用。電動機の絶縁階級をF種とし，軸受グリスを変更して，耐熱性を向上
- (4) 低騒音化  
専用設計の送風機により，運転音を初期型比 5 dB低減

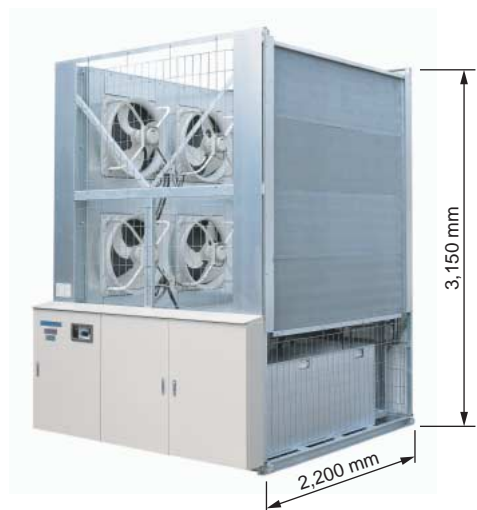


図5 新型空冷チルドタワー（30 kW）  
Fig. 5 New type of air-cooling type Chilled-Tower (30 kW).

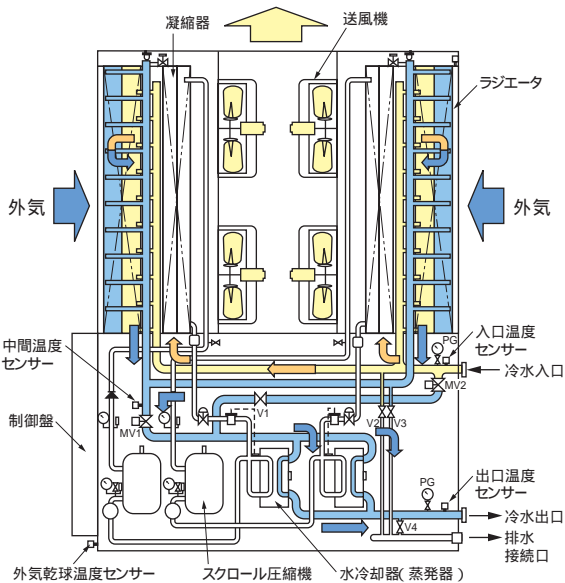


図6 新型空冷チルドタワーのシステム系統図  
Fig. 6 Structure of new type of air-cooling type Chilled-Tower.

## 5 新型空冷チルドタワーの特性

### 5.1 ラジエータ冷却能力特性

圧縮機7.5 kWあたりに使用するラジエータの冷却能力特性を図7に示す。同図は、冷却水入口水温25℃の場合の、外気温と冷却水出口水温の関係を流量別に示したものである。

冷却水の流量が少ないほど、冷却水出口温度と外気乾球温度のアプローチは小さくなる。冷却水出口水温が20℃となる外気温（100 L/minの場合11.5℃）が、ラジエータのみで冷却できる限界温度であり、これを超えると圧縮機が順次起動して所定の出口温度になるよう制御する。東京地方の気象条件で外気温が11.5℃以下となる日は132日である。よって目標の4か月以上を達成できた。

### 5.2 チラー冷却能力特性

圧縮機出力7.5 kWあたりのチラー冷却能力を図8に示す。同図は、冷却水流量100 L/min、外気温30~36℃における冷却水出口温度と冷却能力の関係を、初期型モデルと開発品について示している。最も標準的な使用条件である25℃以下の領域では、開発品の能力が初期型モデルの能力を上回っており、新型の能力を確認した。データのばらつきは、外気条件や水量のわずかな差異によるものである。

### 5.3 チラーの成績係数 (COP)

冷却水出口温度に対するチラーの成績係数COP(冷却能力/消費電力：製品のエネルギー消費効率)は、図9に示すように初期型モデルに対して2~9%程度の向上が得られた。

### 5.4 静音化

チルドタワーの熱交換器面からの水平距離2 m、地上高さ1.5 mにおける運転音を表1に、周波数分析データを図10に示す。新たに採用した専用設計の送風機により、初期型モデルに対して、5 dBの低減をみた。また、騒音

に配慮した羽根を採用したことにより、1,000~4,000 Hz付近の耳障りな運転音を低減できた。

表1 運転音の比較

Table1 Comparison of typical sound pressure levels

30 kW	音圧レベル: dB
開発品	68
初期型	73

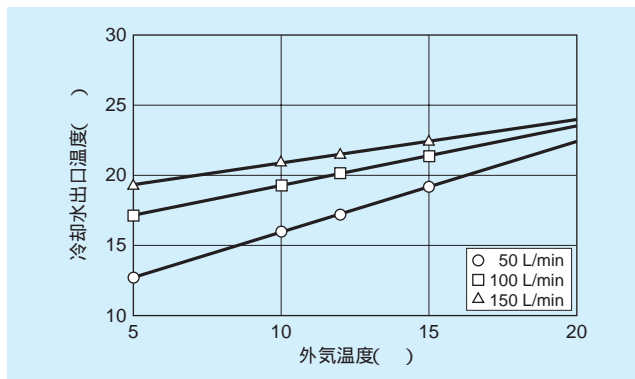


図7 ラジエータの冷却能力特性  
Fig. 7 Cooling characteristics of radiator.

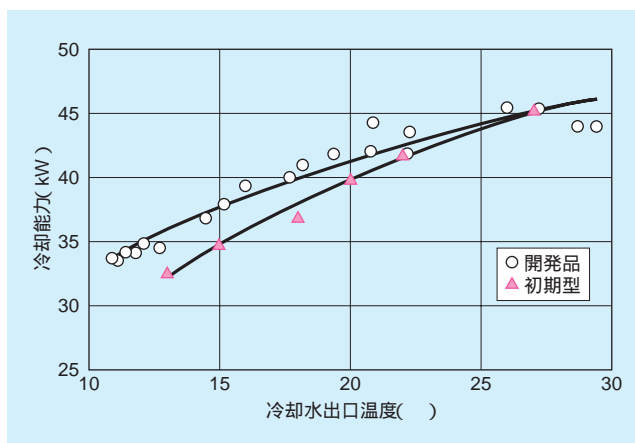


図8 チラー冷却能力特性 (7.5 kW)  
Fig. 8 Cooling characteristics of chiller (7.5 kW).

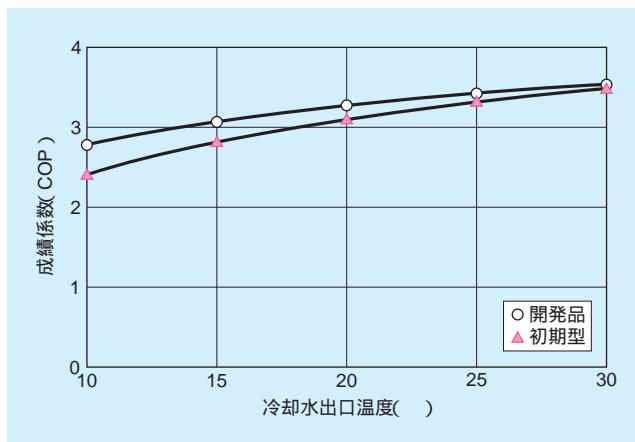


図9 チラーの成績係数 (COP)  
Fig. 9 Coefficient of performance.

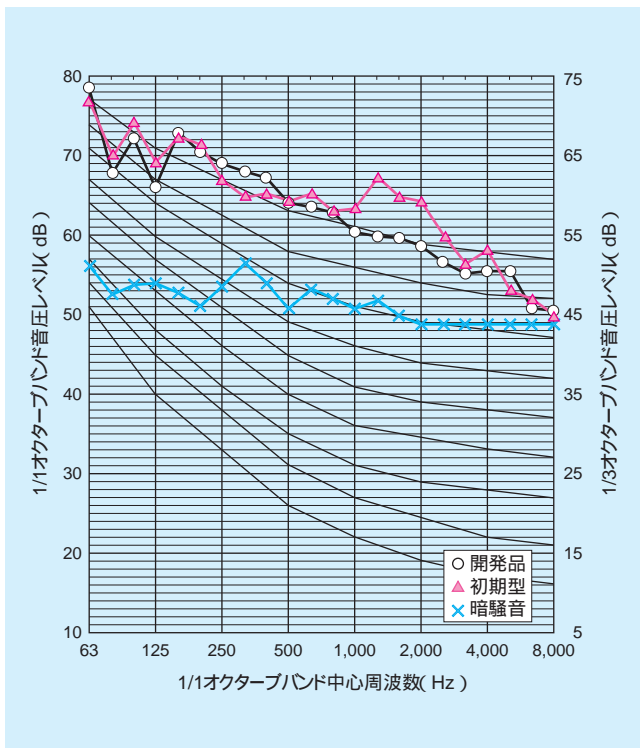


図10 運転音 (30 kW)  
Fig. 10 Sound characteristics (30 kW).

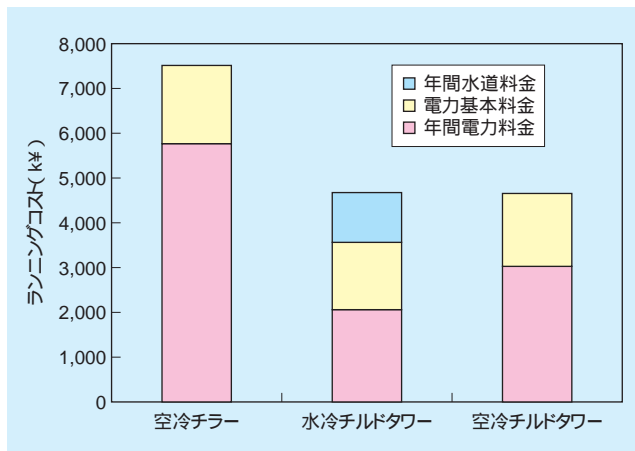


図11 省エネルギー比較例  
Fig. 11 Comparison of energy conservation among systems.

表2 CO<sub>2</sub>排出量の比較例

Table 2 Comparison of CO<sub>2</sub> emission among system

項目	単位	空冷チラー	水冷チルドタワー	空冷チルドタワー
1 設備電力	kW	94.4	82.7	88.8
2 年間消費電力量	kWh	635,100	224,000	331,200
3 年間水消費量	m <sup>3</sup>	0	4,470	0
4 年間CO <sub>2</sub> 排出量	kg-CO <sub>2</sub>	240,100	86,900	125,200
	%	192	69	100

冷却水入口温度25 , 冷却水出口温度20 , 冷却熱量 251.2 kW

### 6 省エネルギー性・経済性

空冷チルドタワーは、ラジエータによる冷却水製造を優先するためチラーの稼働時間が短く、また台数制御をしているためチラーの平均稼働率が低く抑えられる特長を有する。冷却水供給温度が20 の場合、従来のチラーシステムに比べて約40%の省エネルギーを実現することが可能である。

図11に空冷チラーシステムおよび水冷チルドタワーとの年間ランニングコストの比較結果を示す。都心部の工場では上下水道合わせて400 ¥/m<sup>3</sup>を超える場合について比較計算すると、同条件の水冷チルドタワーと、ランニングコストはほぼ同等となる。使用条件によっては、省メンテナンスと省エネルギーの両方に対応した機種を提

案することもできる。

また、冷媒にはオゾン層破壊係数ゼロのR407Cを採用しており、省エネルギーとなる分CO<sub>2</sub>排出量も抑制することができる。原単位換算したCO<sub>2</sub>排出量を比較すると、表2に見られるとおり50%程度に低減でき地球温暖化防止にも貢献できるものである。

### 7 製品仕様

新型空冷チルドタワーとして、HICS-202A (15 kW), HICS-402A (30 kW), HICS-602A (45 kW), HICS-802A (60 kW) の計4機種を製品化した。その仕様を表3に、HICS-802Aの外形を図12に示す。

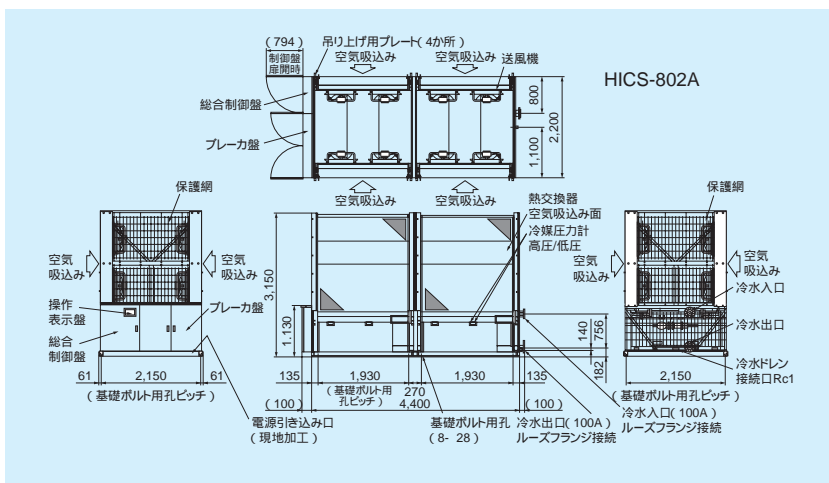


図12 HICS-802A外形図  
Fig. 12 Dimensions of HICS-802A.

表3 新型空冷チルドタワー仕様

Table 3 Specifications of new products

項目		単位	HICS-202A	HICS-402A	HICS-602A	HICS-802A	
性能	入口温度25	冷却能力	kW	69.8/80.2	139.5/160.5	209.3/240.7	279.0/320.9
	出口温度20	冷水流量	m³/h	12.0/13.8	24.0/27.6	36.0/41.4	48.0/55.2
	冷水流量範囲		m³/h	60 ~ 18.0	9 ~ 36	18 ~ 54	24 ~ 72
	機内圧力損失		kPa (at m³/h)	55 ( 12 )	55 ( 24 )	55 ( 36 )	55 ( 48 )
法定冷凍能力		トン	5.78/6.88	8.67/10.32	11.56/13.76	17.34/27.52	
高压ガス保安法適用区分			届出不要			届出不要 / 届出必要	
外 装			溶融亜鉛めっき, 亜鉛めっき鋼板				
外形寸法	幅	mm	2,200	2,200	4,400	4,400	
	奥 行 き	mm	1,100	2,200	2,200	2,200	
	高 さ	mm	3,150	3,150	3,150	3,150	
ファン	型 式		プロペラファン				
	外 径	mm	600				
圧縮機	電動機出力	kW(極数)×台数	0.4(2)×4	0.4(2)×8	0.4(2)×12	0.4(2)×16	
	型 式		スクロール				
	電動機出力	kW(極数)×台数	7.5(2)×2	7.5(2)×4	7.5(2)×6	7.5(2)×8	
冷媒の種類			R407C				
冷水系最高使用圧力		MPa	0.7				
電気特性	消費電力	kW	20.0/25.4	40.2/50.9	60.2/76.4	80.2/101.7	
	運転電流	A	66.4/77.1	133.4/154.7	199.7/232.2	266.1/309.0	
電 源	動力電源		AC3 200V 50/60 Hz				
	操作回路電源		AC1 200V 50/60 Hz				
配管寸法	冷水出入口		JIS10Kフランジ65A	JIS10Kフランジ80A	JIS10Kフランジ100A		
	排水接続口		Rc1				
製品質量(運転質量)		kg	1,300 ( 1,360 )	2,200 ( 2,330 )	3,250 ( 3,430 )	4,050 ( 4,310 )	
騒音値(2m離れて1.5mの高さで)		dB ( A )	66	68	70	71	

### ③ 結 言

ラジエータと空冷式チラーを一体化し、省エネルギー・省メンテナンスのニーズに対応する新型空冷チルドタワーの開発を行い、当開発機によって低騒音化・省スペース化の目標を達成した。今後一層、信頼性と機能の向上を図るとともに、さらなる省エネルギー・省力に対応する製品開発を進めていきたい。

### 参考文献

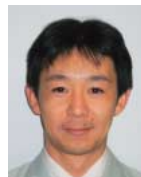
- 1) 丹生ら：日立金属技報，7 ( 1991 )，97 .
- 2) 田中ら：日立金属技報，18 ( 2002 )，63 .



木ノ下雄介  
Yusuke Kinoshita  
日立金属株式会社 桑名工場  
開発センター



端野勝利  
Katsutoshi Hashino  
日立金属株式会社 桑名工場  
開発センター



樋口政司  
Masashi Higuchi  
日立金属株式会社 桑名工場  
開発センター



高田栄治  
Eiji Takata  
日立金属株式会社 桑名工場  
開発センター