

省エネと付加価値向上を可能にした空冷ヒートポンプ式熱源機 “ユニバーサルスマートX 3シリーズ”

"Universal Smart X 3-Series" Air-Cooled Heat Pump Unit Offering Improved Energy Saving and Value-Added Functions

室井 邦雄 海野 浩一 青木 俊公

■ MURROI Kunio ■ UNNO Hirokazu ■ AOKI Toshimasa

近年、地球環境への負荷低減が重視されるなかで、空調機器にも更なる高効率・高性能・高機能化が求められている。

東芝キャリア(株)は、業界最高^(注1)の高効率運転を達成するとともに、高調波抑制機能の強化と99%の力率を業界で初めて^(注2)実現した高付加価値製品として、モジュール型の新しい空冷ヒートポンプ式熱源機 “ユニバーサルスマートX 3 (USX3) シリーズ”を開発した。これにより、いっそうの省エネ化だけでなく、インバータ熱源機導入に際しての高調波抑制設備や電源供給設備の増強を抑えることにより設置スペースや工事コストを抑制でき、様々な現場で、熱源システムのインバータ化による省エネをより安心して推進できる。

Air-conditioning systems for business and industrial use have recently been required to provide higher performance and functionality in order to reduce the burden on the environment.

Toshiba Carrier Corporation has now developed the "Universal Smart X 3-Series" a module type air-cooled heat pump chilling unit that has achieved the highest operating efficiency in the industry and provides high-value-added functions including an enhanced harmonic suppression function and 99% power factor operation for the first time in the industry. The Universal Smart X 3-Series not only contributes to further reduction of the environmental burden, but also to reductions in installation space and cost by eliminating the need for additional harmonic suppression and power supply facilities when introducing inverter heat pump units. Due to these advantages, inverter heat pump units can be easily installed as a replacement for conventional heat source equipment in various locations.

1 まえがき

地球環境への負荷低減が重視される昨今、大型の空調機器にも更なる高効率・高性能・高機能化が求められている。東芝キャリア(株)はこれまで、独自の“Xフレーム構造”及び“モジュールinモジュール構造”を採用した空冷ヒートポンプ式モジュール型熱源機を開発し、多くの新しいコンセプトで業界をリードするとともに、低炭素社会に貢献してきた。

当社の空冷ヒートポンプ式熱源機は、平成18年度と平成23年度に、それぞれ“スーパーフレックスモジュールチラー”と“ユニバーサルスマートX”で省エネ大賞経済産業大臣賞を受賞し、ビルや工場の一般空調用から生産プロセスの冷却・加熱用といった様々な冷温熱負荷用途に採用されている。今回、今後の市場動向や、環境性能向上の必要性、VOC (Voice of Customer) 対応などの観点から、次の点を重要開発項目としてモジュール型の空冷ヒートポンプ式熱源機 “ユニバーサルスマートX 3 (USX3) シリーズ”を新たに開発した。

- (1) 更なる省エネ性の向上
- (2) インバータから発生する高調波電流の抑制
- (3) 熱源機用電源設備の規模抑制

ここでは、USX3シリーズの主な特徴と、それを実現した要

(注1) 2015年1月現在、空冷ヒートポンプ式熱源機において、当社調べ。

(注2) 2015年1月時点、空冷ヒートポンプ式熱源機において、当社調べ。

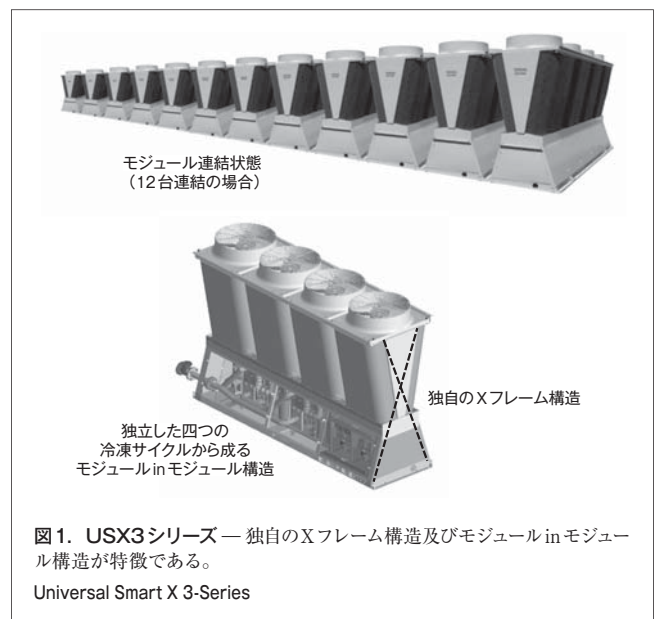


図1. USX3シリーズ — 独自のXフレーム構造及びモジュールinモジュール構造が特徴である。
Universal Smart X 3-Series

素技術について述べる。

2 主な仕様とラインアップ

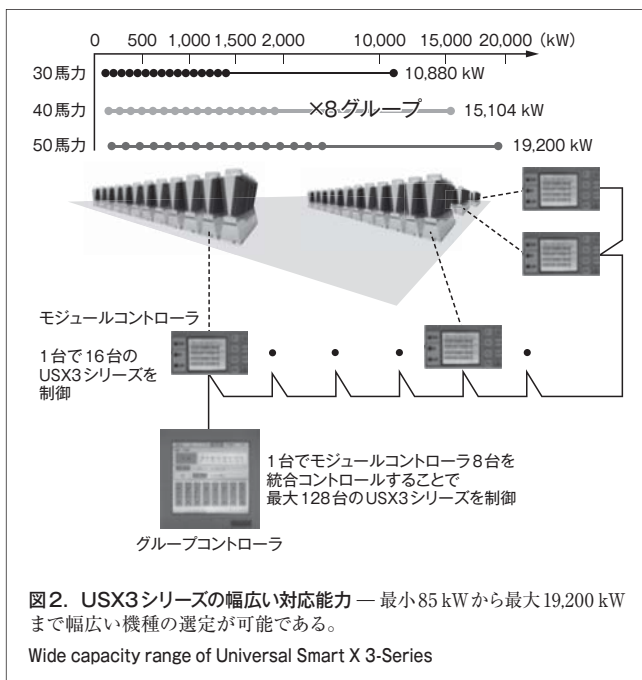
USX3シリーズの外観を図1に示す。30, 40, 及び50馬力の基本モジュールをラインアップし(表1)、冷却加熱兼用と冷却

表 1. USX3シリーズの基本仕様

Basic specifications of Universal Smart X 3-Series

項目	仕様		
呼称馬力	30	40	50
冷却能力* ¹ (kW)	85	118	150
加熱能力* ² (kW)	85	118	150
冷媒	R410A		
寸法 (高さ×幅×奥行) (mm)	2,300×1,080×3,400		
質量* ³ (kg)	1,261	1,261	1,296
高圧ガス保安法に基づく手続き	不要* ⁴		
冷凍保安責任者	不要* ⁴		

*1：冷水入口温度 14℃、冷水出口温度 7℃、外気温度 35℃の場合
 *2：温水入口温度 38℃、温水出口温度 45℃、外気温度は温度で 7℃、湿度温度で 6℃の場合
 *3：ヒートポンプ機 200V 標準仕様の場合
 *4：高圧ガス保安法上、第一種製造業者に区分される設備と同一の水管を使用する場合など、必要になる場合がある



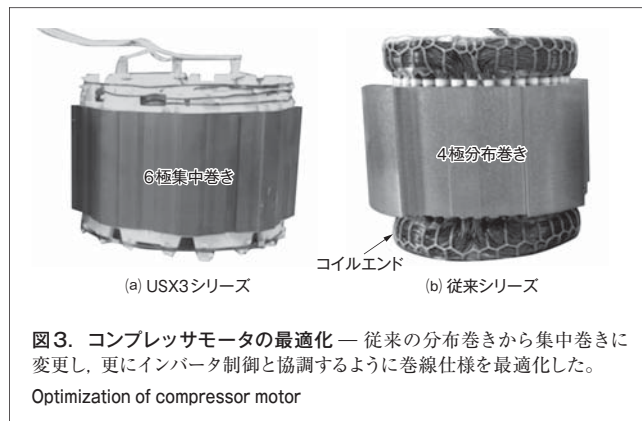
専用のモデルを用意するとともに、標準タイプと散水装置付きの高COP (成績係数) タイプの2種類を取りそろえた。更に、モジュールの組合せにより、設備容量に合わせた幅広い機種選定が可能で、85 kW から 19,200 kW まで対応できる (図 2)。

3 業界最高^(注1)の省エネ性実現のための要素技術

3.1 高効率ツインロータリコンプレッサ

2010年の開発当時に15馬力の世界最大能力を発揮したR410Aインバータツインロータリコンプレッサの省エネ性を更に向上させ、業界最高^(注1)の運転効率を誇る新しいR410Aツインロータリコンプレッサを開発した。

主な開発要素は次のとおりである。



- (1) 大型のツインロータリコンプレッサ用に6極集中巻きモータを新規採用し、内製化した (図 3)。従来の4極分布巻き構造のモータに対し、コイルエンドを縮小し銅損を低減した。また、中間負荷領域での効率を最大限高めるために、インバータ制御に合わせてモータ巻線仕様を最適化した。これらにより、インバータを含むモータ総合効率は、約3%向上^(注3)し、電線及び電磁鋼板の使用量をそれぞれ30%及び5%低減して省資源化も同時に実現した。
- (2) コンプレッサのクランクシャフト間の剛性を向上させ、クランク周りの撓動 (しゅうどう) 損失を低減した。これにより、機械効率が約3%改善^(注3)した。
- (3) コンプレッサ内部の吐出ガス経路の最適化を図り、圧力損失を低減した。これにより、圧縮効率を約1%向上^(注3)させた。

3.2 空調用PWMコンバータ

一般的に、インバータ熱源機の電源高調波電流を抑制するには別売機器による対策を行う場合が多く、当社もオプションとしてクリーンコンバータ^(注4)を提供している。

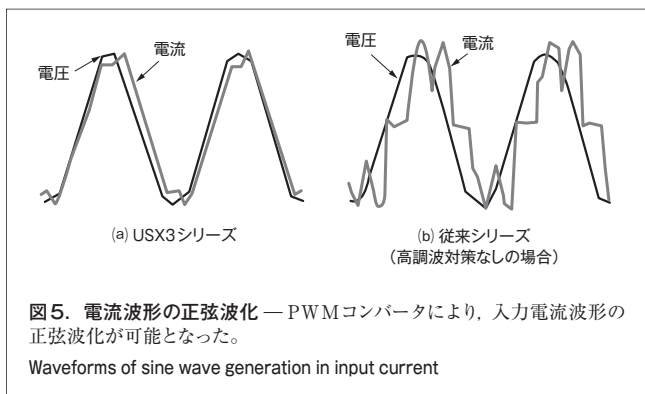
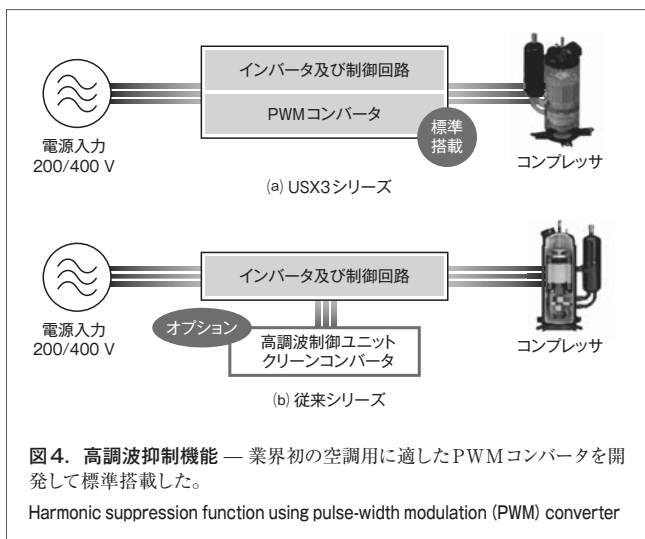
USX3シリーズでは、更に電源高調波抑制性能を向上させ、かつ、もっとも省エネ性が求められる軽負荷から中間負荷領域でのシステム効率を最大限に高めることに主眼を置き、空調用に最適化したPWM (パルス幅変調) コンバータを開発し標準搭載した (図 4)。

PWMコンバータは、半導体を用いた高速スイッチングにより、入力電流をほぼ正弦波にすることができるため、電源高調波の抑制と併せ、電源力率も向上できる (図 5)。

また、コンプレッサの負荷及び回転数に応じて、インバータ回路内の直流電圧を最適制御することで、高巻き数 (高誘起電圧) モータが適用でき、高速回転時は直流電圧をモータ誘起電圧より高く昇圧し、直流電圧昇圧が不要になる低速回転

(注3) 米国暖房冷凍空調学会が定めた環境条件で、回転数 30 s^{-1} で運転した場合 (当社従来シリーズとの比較)。

(注4) 18パルストランスにより位相角をずらした電圧を作り、三相電源の基本波を補完して高調波電流の流出を抑制するコンバータ。



時には高巻き数モータを生かしてモータ電流を低減することにより効率を大幅に向上できる。従来は熱源機の高調波抑制対策には、直流電圧の変更が困難なアクティブフィルタ方式^(注5)がオプションとして用いられていたが、USX3シリーズでは高調波抑制機能の標準搭載と、コンプレッサモータ駆動用に最適化した高効率駆動制御が差異化ポイントになる。

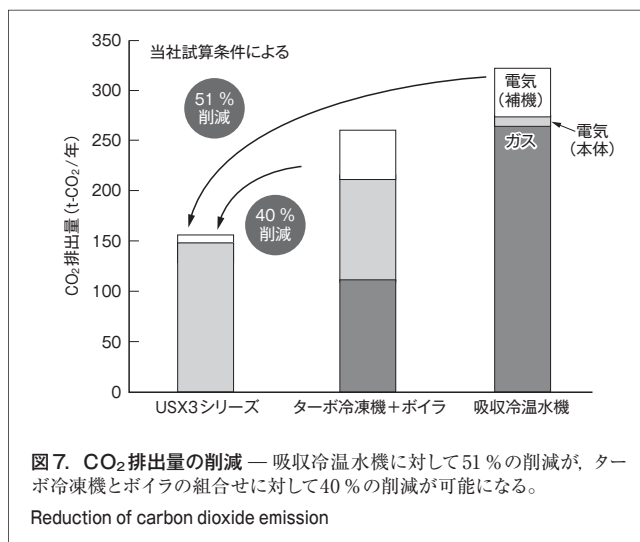
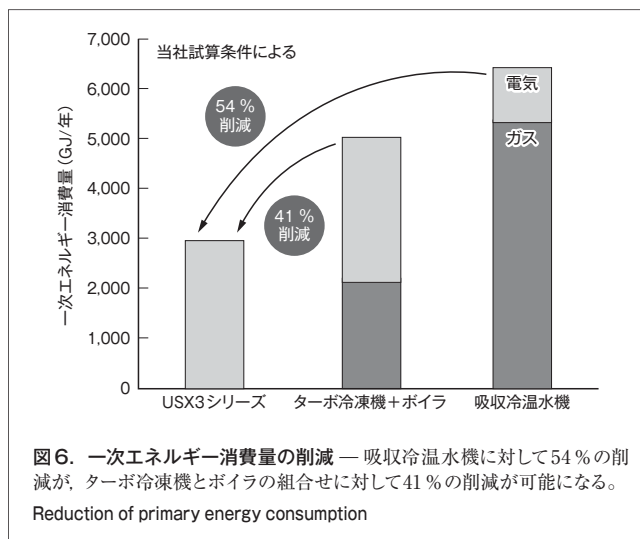
4 技術的特徴

USX3シリーズは、リスク分散性向上や、水温及び流量の制御性向上、法定冷凍能力20トン未満の仕様による高圧ガス保安法の手続き並びに冷凍保安責任者の不要化といった、モジュール型ならではの従来シリーズのメリットを踏襲しつつ、いっそうの高性能化と、新たな高機能化を実現した。

4.1 省エネ性の向上

USX3シリーズは、コンプレッサの運転効率を向上したことにより、COPを従来シリーズより1.4%向上し、6.4^(注6)とした。また、部分負荷を考慮した期間成績係数(IPLVc)では、従来

(注5) 入力電流をセンシングし、高調波電流に対する逆位相電流を流して高調波電流の流出を抑制する機器。



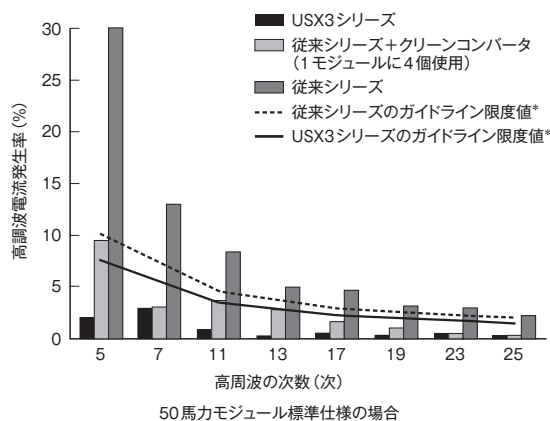
シリーズよりも4.1%向上して7.0(30馬力、高COPタイプ)^(注6)を実現し、年間を通して更に高効率運転が可能になった。USX3シリーズは、空冷ヒートポンプ式熱源機分野では、圧倒的な高効率運転を誇っている。

高効率運転を実現した結果、一次エネルギー消費量を吸収冷温水機に対して54%、ターボ冷凍機とボイラの組合せに対して41%削減できる(図6)。また、二酸化炭素(CO₂)排出量を吸収冷温水機に対して51%、ターボ冷凍機とボイラの組合せに対して40%削減できる(図7)。従来シリーズに対しても、一次エネルギー消費量6%、CO₂排出量6%の削減が可能である。

4.2 高調波抑制性能の向上

新開発した空調用PWMコンバータにより、電源高調波電

(注6) COP及びIPLVcは、日本冷凍空調工業会規格(JRA 4066:2014「ウォータチリングユニット」)に準拠。ただし、出入口温度差は7℃でインバータポンプ内蔵機の実運転制御に基づく値。



*ガイドライン限度値は当該シリーズの電源トランス容量を契約電力とし、稼働率を60%とした場合の値

図8. 高調波抑制性能の向上 — 第5次高調波の場合、高調波電流発生率を86%低減できた。

Improvement of harmonic suppression performance

流の発生率で第5次高調波を86%低減させ(図8)、高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドラインの電圧型PWM制御(回路区分「5」で6パルス換算係数「0」)に分類可能になり、以下のような付加価値が向上した。

- (1) 高調波電流がもたらす問題(漏電ブレーカの誤作動や、リアクトルや進相コンデンサの焼損、テレビのちらつき、ラジオのノイズなど)の撲滅
- (2) 自家発電機の容量低減
- (3) 受電設備の容量低減
- (4) 熱源機器導入時に高調波計算が不要

4.3 定格時力率99%を実現

PWMコンバータにより入力電流をほぼ正弦波にすることで電源力率を向上させ、定格時力率99%(従来シリーズより9ポイント向上)を実現して、以下のように付加価値を向上させた。

- (1) 電力の使用効率向上による、省電源設計(電源トランスや、配線、スイッチ、ヒューズなどの小型化及び小容量

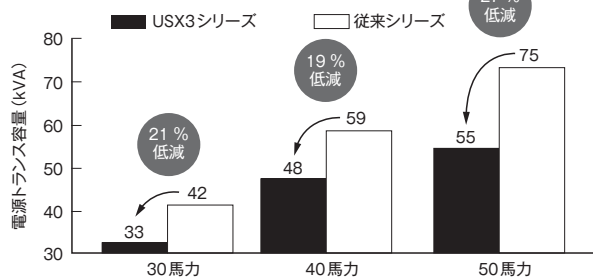


図9. 電源トランスの小容量化 — 50馬力モジュールの場合、電源トランス容量を従来シリーズに比べて27%削減した。

Size reduction of power transformer

表2. 電源回路部品のサイズダウン(50馬力-200V機種例)

Size reduction of power supply circuit components

項目	USX3シリーズ	従来シリーズ
基準電流 (A)	158	196
ビニール絶縁電線	こう長20m以下 (mm ²)	より線100
	こう長50m以下 (mm ²)	より線150
アース線太さ (mm ²)	より線14	より線14
手元スイッチ定格電流 (A)	200	225
電源ヒューズ定格電流 (A)	200	225
漏電遮断器容量 (A)	200	225
漏電遮断器感度電流 (mA)	200	200

化)の実現(図9及び表2)。

- (2) 無効電力が減ることによる電力損失の低減
- (3) 力率85%以上による電力基本料金の割引メリット
- (4) 電流値の低減による電力設備の利用効率向上

5 あとがき

USX3シリーズは、業界最高の高効率運転を達成するとともに、高調波抑制機能の強化、及び99%の力率実現という業界初の付加価値向上を実現した。これにより、新規設置の場合だけでなく、燃焼系熱源機からインバータ熱源機への移行に際しても、高調波抑制対策や電源設備の増強などを抑えることができ、様々な現場で、よりスムーズに熱源システムのインバータ化による省エネを推進できる。従来シリーズと比べて電源トランス容量を小さくすることもでき、配線やスイッチなど、製品本体以外の周辺設備工事のコストも抑えられる。

当社は、今後も更なる高効率化及びコンパクト化を目指したヒートポンプ機器の開発を推進して豊かな価値をもたらし、ヒートポンプソリューションカンパニーとして社会及び地球環境に貢献していく。



室井 邦雄 MUROI Kunio

東芝キャリア(株) 掛川開発センター長。
熱源機の量産設計に従事。空気調和・衛生工学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



海野 浩一 UNNO Hirokazu

東芝キャリア(株) 富士工場 エレクトロニクス設計部グループ長。
制御機器の量産設計に従事。電気学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



青木 俊公 AOKI Toshimasa

東芝キャリア(株) コンプレッサー事業部 設計部グループ長。
ロータリコンプレッサの設計・開発に従事。
Toshiba Carrier Corp.