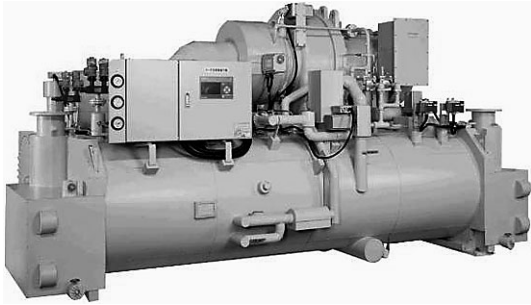


世界最高効率インバーターボ冷凍機 NART-Iシリーズ

Highest-Efficiency in the World, Valuable Speed Drive Turbo Chiller NART-I Series

関 亘^{*1} 上 田 憲 治^{*2} 田 井 東 一 馬^{*2}
白 方 芳 典^{*2} 古 賀 淳^{*3}



1. はじめに

ターボ冷凍機はビル空調、熱供給事業としての地域冷暖房、電子デバイスなどの工場空調、化学プラントのプロセス冷却など、さまざまな用途に適用されている熱源機で、遠心式圧縮機を用いて、350 kWから7 000 kW（最大35 000 kW）までの冷水を製造する装置である。当社製ターボ冷凍機の冷媒にはオゾン層破壊係数（ODP）がゼロのHFC-134aを使用しており、地球環境の保護にも注力するとともに社会的ニーズである省エネルギーのために、機器性能の向上を目指してきた。

HFC134aを用いたターボ冷凍機は1994年に発売開始以降、1998年ARSシリーズ、2000年NARTシリーズと開発を重ね、20%以上の効率向上を達成した。NARTシリーズのCOP6.1（冷水出口温度7℃）は世界最高レベルであるが、お客様のニーズは年間を通しての高効率運転及び電力消費量の低減、すなわち通年での空調コストの削減であり、このニーズにこたえるため、運転効率向上を目指して2002年にインバーター駆動ターボ冷凍機を開発し、2003年1月市場投入した。

2. 高効率化の内容と特徴

冷凍機では外気温度高、冷却水温度高、凝縮温度・圧力高、圧縮機の圧縮比高、動力増となる関係があり、外気温度によって電力消費量が左右される。ターボ冷凍機は遠心式圧縮機を適用しているため、容積式（レシプロ式・スクリュウ式など）とは異なり、その特性上、圧縮機の回転数により圧縮

比及び動力が決まる。よって最適な回転数制御をすれば年間運転での大幅な省エネルギーが可能となる。そこで高効率標準機NARTシリーズをベースに高速演算を可能とした高機能マイコン盤を新設計し、電動機電源にインバータを採用、回転数制御を実装したNART-Iシリーズを開発した。

2.1 最適制御

遠心式圧縮機では負荷制御のために入口ベーン制御、ホットガスバイパス弁制御を採用しているが（図1）、一般的に入口ベーン制御は開度の小さな領域で抵抗損失が増加するため、可能な限り高开度での制御が望まれる。また低負荷域で使用するホットガスバイパス弁制御はサイクル上のロスを生じるため、できるだけ最小開度となるような制御が必要となる。以上を考慮して設計した可変速制御により図2に示す制御MAPとすることで全運転領域にわたり性能低下を最小限とし、広い負荷範囲で高効率の運転が可能となった。

2.2 マイコン制御盤

最適制御を実現するための特性は非常に複雑で、冷凍機の温調制御に遅れることなく演算を行うには高速演算能力が必要となる。そこで次世代制御盤の心臓部に高性能CPUを採用した。さらに視認性・操作性を向上させるため図3に示す7 inch TFT液晶表示装置を標準装備とした。

3. 省エネルギー効果

高効率標準機NARTシリーズに可変速制御を付加したことにより、部分負荷領域において大幅な性能向上が得られ（図4）、

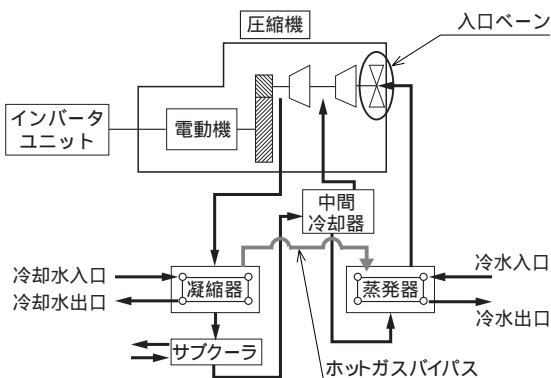


図1 ターボ冷凍機系統模式図 ターボ冷凍機の系統と入口ベーン及びホットガスバイパスを示す。

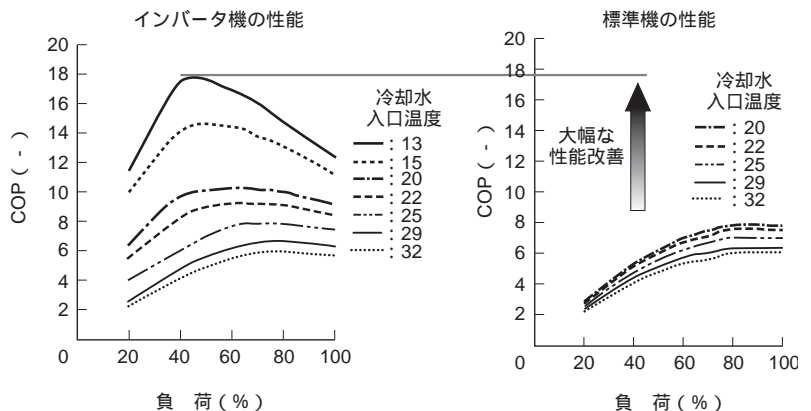


図4 可変速機と標準機の性能比較 部分負荷領域において可変速機は大幅に性能向上している。

*1 冷熱事業本部大型冷凍機部設計課長

*2 冷熱事業本部大型冷凍機部設計課

*3 技術本部高砂研究所ターボ機械推進研究室

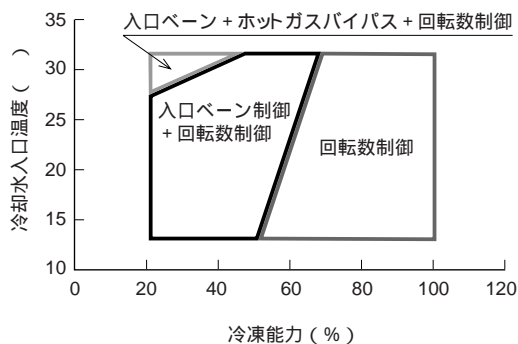


図2 制御領域マップ 冷凍能力と冷却水入口温度の各領域における最適制御方法を示す。

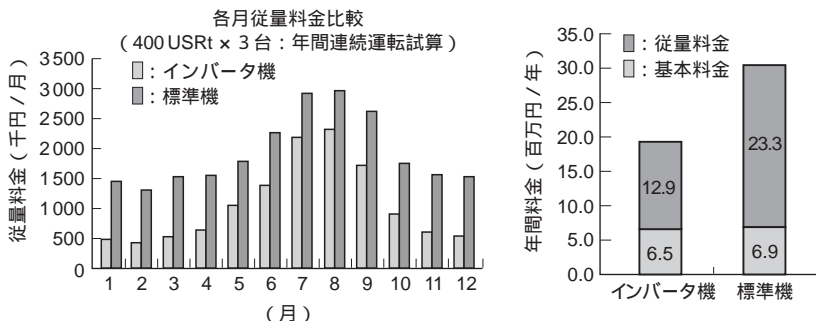


図5 可変速機の省エネルギー効果 年間の省エネルギー効果を電力料金に換算した結果を示す。左図は消費電力、CO₂排出量とともに45%減、右図は電力料金35%減。

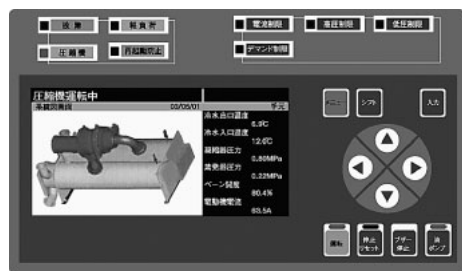


図3 新開発マイコン盤表示画面 操作盤カラー表示画面を示す。

表1 NART-Iシリーズ仕様表

項目	仕様				
	NART-40I	NART-50I	NART-70I	NART-100I	NART-145I
冷凍機型式 (-)	NART-40I	NART-50I	NART-70I	NART-100I	NART-145I
冷凍能力 (USRt)	400	570	800	1130	1610
(kW)	1407	2004	2813	3973	5661
冷水入口温度 (°C)	12	12	12	12	12
冷水出口温度 (°C)	7	7	7	7	7
冷水流量 (m ³ /h)	241	345	484	683	974
冷水圧損 (kPa)	115	131	58	54	69
冷却水入口温度 (°C)	32	32	32	32	32
冷却水出口温度 (°C)	37	37	37	37	37
冷却水流量 (m ³ /h)	286	404	566	798	1138
冷却水圧損 (kPa)	60	71	55	51	53
電動機出力 (kW)	212	305	424	599	864
インバータ入力 (kW)	245	343	475	680	972
電源電圧 (V)	400V級	400V級	400V級	6000V級	6000V級
電動機型式 (-)	NCHP-4	NCHP-5	NCHP-9	NDHP-10	NDHP-13
COP (-)	5.74	5.84	5.92	5.84	5.82

表2 NART-Iシリーズ納入実績

型式	能力 (RT)	地域	用途	納入年月
NART - 40I	400	関東	工場空調	2002/12
NART - 50I	420	関東	工場空調	2003/01
NART - 50I	570	東北	工場空調	2003/03
NART - 50I	570	東北	工場空調	2003/03
NART - 50I	570	東北	工場空調	2003/05
NART - 50I	500	東北	工場空調	2003/08
NART - 35I	350	関東	工場空調	2003/08

国内の一般的な空調用ターボ冷凍機の条件である冷水出口温度7°Cで最高COP = 17.8を達成した。この結果、通年運転における大幅な省エネルギーの達成が可能となった。

インバータ駆動による可変速運転時の省エネルギー効果を算定した結果を図5に示す。算定条件として一般工場熱源負荷パターンと東京地区の外気温度条件を使用した。

可変速機では標準機に比べ7～8月にかけて10～15%の、また、中間期から冬期にかけては50%にも及ぶ省エネルギー効果が期待できる。年間の消費電力及びCO₂排出量換算では高効率標準機(固定速)対比45%の低減となり、これは電気料金に換算すると35%の低減に相当する。また、オーバーホール間隔も5万時間以上に延びており、その上回転制御により運転時の回転系への負荷を低減させることが可能となっている。さらに新型マイコン制御盤の通信機能を駆使した運転管理により、より長いオーバーホール間隔の提供が可能となった。

NART-Iシリーズの標準仕様を表1に示す。NART-Iシリーズは2003年1月の発売以降、電力会社、工場熱源ユーザ、リプレース需要を中心にご好評を頂いており、国内では表2

のとおり数台出荷完了し稼働中である。受注及び引合い台数は伸長見通しで、民生用、事業用の空調用途及び工場プロセス用熱源機としてお客様の求める通年での高効率運転、省エネルギーに大きく寄与できると考える。

4.まとめ

- (1) 冷媒HFC134aを使用した世界最高レベルの性能である部分負荷時COP = 17.8(冷水温度12°C / 7°Cベース)のターボ冷凍機の商品化を実現した。
- (2) 最適な回転数制御、負荷追従性能、冷却水追従性能により大幅な年間での高効率運転が可能であり従来標準機対比45%の動力低減(工場負荷条件による)を達成した。
- (3) 制御盤の改良による大幅な機能拡充を図り良好な操作性と通信機能を持つ。
- (4) すでに数台の運転実績を持ち、高性能と信頼性で好評を頂いている。



関亘 上田憲治 田井東一馬 白方芳典 古賀淳