

概要シート

対策名	111311 高効率ターボ冷凍機の導入
対策タイプ	設備導入
対象業種	産業用 業務用
分類	空調システム
内容・目的	ターボ冷凍機は、インバーターの採用により画期的に部分負荷性能が向上した。低負荷時の性能向上を目的にインバーター・ターボ冷凍機へ更新する。
対策技術の概要	<p>ターボ冷凍機は、大規模空調システムの冷熱源機として広く使われている。通常は冷房専用であるが、冷房定格条件で、COPが5～6.5程度を発揮する高効率のため、地域冷房、計算センター等、冷房負荷の大きな用途には、ほぼ独占的に使用されている。</p> <p>しかし、大規模ビル空調においては、中間期、冬期における低負荷時のペーン制御による部分負荷性能が悪いという課題があった。近年、ターボ冷凍機の駆動にインバーターモーターが使用されはじめると、遠心圧縮機の回転数制御が可能となり、課題の容量制御性能が格段に上昇した。遠心型圧縮機のため、理論的には所要動力は回転数（負荷容量）の3乗に比例するため、その効果は絶大である。</p>
補足説明	制御範囲の拡大により冷却水入口の下限温度が、従来の20℃から13℃程度に引き下げられたことも省エネ効果に大きく働く。
参考資料	<p>[1]世界最高効率インバーターターボ冷凍機 NART-I シリーズ（三菱重工技法 VOL.41 No.2 2004-3）</p> <p>[2]インバーターターボ冷凍機・高効率制御システムを核とする空調用熱源システムの計画と実績（空気調和・衛生工学会論文集 No.124.Jily.2007）</p>

算定シート

対策名	111311 高効率ターボ冷凍機の導入
対策タイプ	設備導入
対象業種	産業用 業務用
分類	空調システム
内容・目的	<p>低負荷での部分負荷運転の多いターボ冷凍機（ベーン制御）をインバータターボ冷凍機に更新し、省エネを計る。</p> <p>注1：以下、ターボ冷凍機のことを単にチラーとすることがある。</p>
計算条件	<ul style="list-style-type: none"> ● 設置場所： 東京 ● 運転時間： t = 220 時間/月（10 時間/日 × 22 日/月） ● 冷凍機定格冷却能力： Ro = 1,410kW（冷却水入口温度 32℃、冷水出口温度 7℃） ● 冷凍機定格消費電力： Po = 231kW（COP = 6.1） ● 冷房期間： 4 月～11 月 ● 冷却塔出口（チラー入口）冷却水設定温度： Tw2o <ul style="list-style-type: none"> 従来 = 20℃ 改善 = 13℃ ● 冷房負荷率は、図 1 による。 ● チラー冷却負荷率 CL は、冷房負荷率と等しいとする。 ● チラー COP は、図 2 による。 ● 冷却塔負荷率 CTL は、チラー冷却負荷率 CL に等しいとする。 ● 冷却塔のアプローチ（冷却水出口温度－外気湿球温度）は、冷却塔負荷 CTL に比例するものとする。 ● 圧縮機消費電力量の月別の実測データがある場合は、次項「計算方法」の末尾、注 2：による。 ● 電力の CO₂ 排出係数： fce = 0.474 tCO₂/千 kWh（東京電力 2016 年） ● 原油換算係数： fo = 0.0258kL/GJ ● 電力の一次エネルギー換算係数： He = 9.97MJ/kWh
補足説明	
計算方法	<ul style="list-style-type: none"> ● チラー冷却（冷却塔）負荷率：図 1 より $CL (CTL) = 4.17e-5 \times DB^3 - 1.398e-3 \times DB^2 + 2.2828e-2 \times DB - 0.0634$ ただし、DB：外気乾球温度（表 1 より） ● アプローチ余力： $Ap = Tw2o - WB$ ただし、Tw2o：冷却塔出口冷却水設定温度 WB：外気湿球温度（表 2 より） ● 必要アプローチ： $Ar = \text{設計アプローチ} (5^\circ\text{C}) \times CTL$ ● 冷却塔出口（チラー入口）冷却水温度： $Tw2 = WB + Ar \quad (Ap < Ar \text{ の時})$ $= Tw2o \quad (Ap \geq Ar \text{ の時})$ ● チラー COP： 図 2 グラフより読み取り。 図 2 のパラメータ、冷却水入口温度は、上記、Tw2 である。 そして、冷水出口温度は 7℃とする。 ● 消費電力： $Pc = Ro \times CL (CTL) \div COP$ 添え字 1：改善前 2：改善後

算定シート

					改善前 1				改前後 2				
	DB	WB	CL	Ar	Ap	TW2	COP	Pc	Ap	TW2	COP	Pc	
	4月	16.6	11.2	21%	1.1	8.8	20.0	3.0	99.7	1.8	13.0	12.0	24.9
5月	20.8	15.1	29%	1.5	4.9	20.0	4.0	103.7	-2.1	16.6	11.5	36.1	
6月	24.4	19.3	40%	2.0	0.7	21.3	5.5	102.4	-6.3	21.3	8.5	66.3	
7月	27.9	23.0	54%	2.7	-3.0	25.7	6.0	128.0	-10.0	25.7	7.0	109.7	
8月	29.5	23.9	63%	3.1	-3.9	27.0	6.0	147.3	-10.9	27.0	6.5	136.0	
9月	26.1	21.1	47%	2.3	-1.1	23.4	6.0	109.4	-8.1	23.4	8.0	82.0	
10月	20.3	15.2	28%	1.4	4.8	20.0	4.0	100.3	-2.2	16.6	11.0	36.5	
11月	15.5	10.2	19%	1.0	9.8	20.0	3.0	91.4	2.8	13.0	10.5	26.1	
								合計	882.2			合計	517.6

● 期間消費電力量： $PPc1(2) = \sum Pc1(2) \times t$
● $PPc1 = 882.2 \times 220 = 194,082\text{kWh}$
 $PPc2 = 517.6 \times 220 = 113,869\text{kWh}$

注 2：
上記、期間消費電力量 PPc1 の月ごとの実測値 Pc1 がわかっている場合は、改善後の電力消費量 PPc2 は、以下により算出する。
 $PPc2 = \sum \{Pc1 \times (COP1 \div COP2)\}$

	項目	記号	効果	備考
効果	① 電力削減量	Wt	80.2 千 kWh/年	$= (PPc1 - PPc2) \div 1,000$
	② 電力削減金額	Ce	1,700 千円/年	電力単価 21.2 円/kWh
	③ 原油換算削減量	ΔO	20.6 kL/年	$\textcircled{1} \div 1,000 \times He \times fo$
	④ CO ₂ 排出削減量	ΔC	28.0 tCO ₂ /年	$\textcircled{1} \div 1,000 \times fce$

測定/取得データ

- チラーの月別運転時間
- チラーの定格冷却能力

留意事項

- 本試算は、インバータ効果を強調するため、ターボ冷凍機本体の効率向上効果は無視している。すなわち、定格条件における COP は、いずれも 6.1 とした。
- したがって、老朽化したターボ冷凍機を高効率インバータターボ冷凍機に更新する場合の効果は本試算より格段に大きくなる。
- 本試算の電力削減効果は、 $80.2/194.1$ 千 kWh = 41% となったが、下欄、参考資料 2 の試算結果 40% (一般空調負荷パターン) とほぼ完全に一致した。

出典・参考資料

[1] 『クーリングタワー』 高田秋一・川原考七 (省エネルギーセンター)
[2] 世界最高効率インバータターボ冷凍機 NART-I シリーズ (三菱重工技法 VOL.41 No.2 2004-3)

算定シート

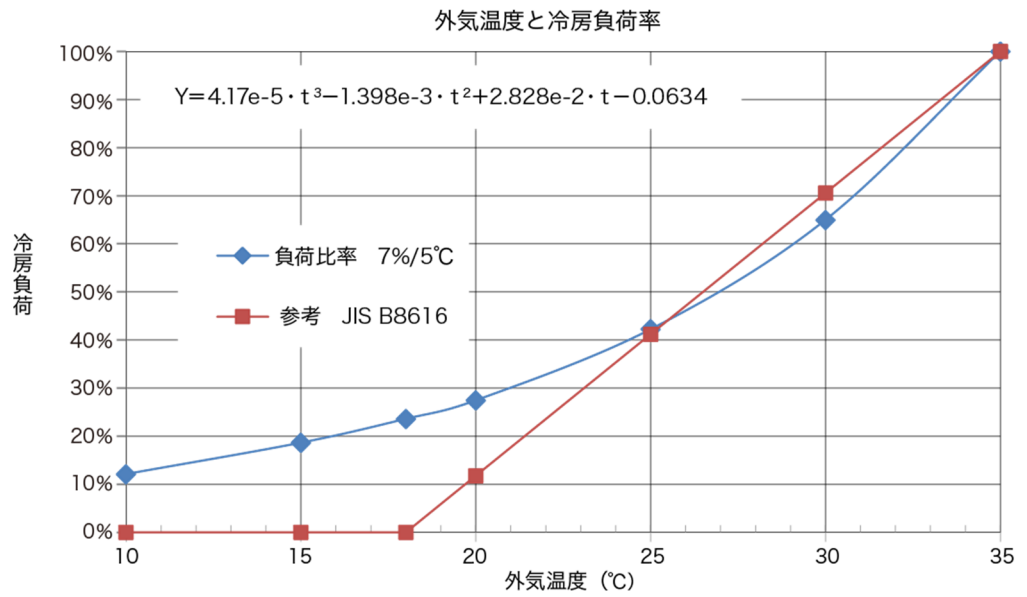
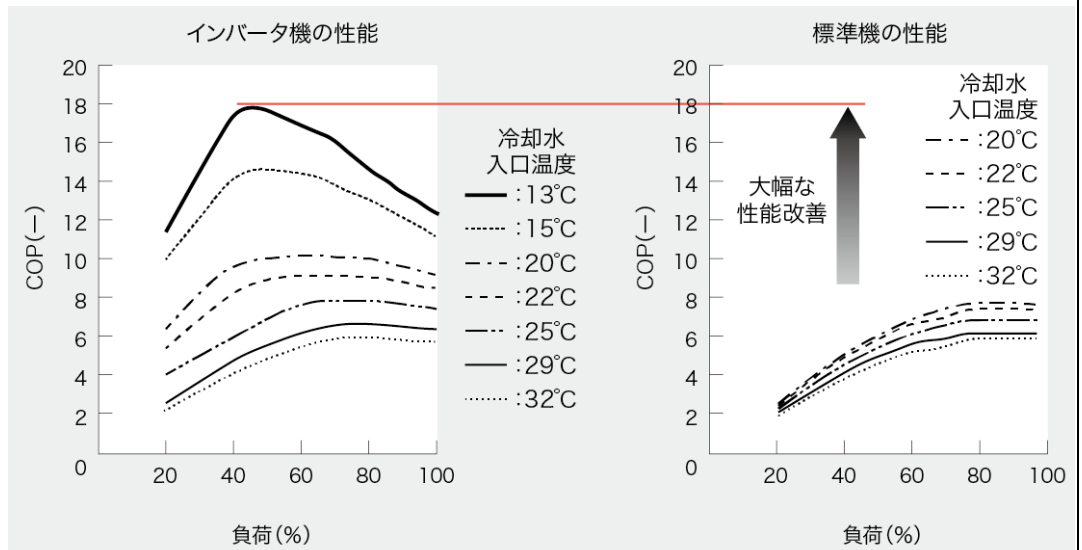


図1. 外気温度と冷房負荷率の関係

参考図表等



出典：『世界最高効率インバータターボ冷凍機 NART-I シリーズ』（三菱重工技法 VOL.41 No.2 2004-3）

図2. ターボ冷凍機の COP

算定シート

表 1. 各地の季節別日中外気乾球温度 (DB)

	東京	大阪	名古屋	仙台	福岡	広島	高松	富山	前橋	盛岡	札幌	鹿児島
1月	7.7	7.7	7.0	3.5	8.3	7.3	7.7	4.4	6.4	0.0	-2.2	10.8
2月	8.8	8.6	8.0	4.1	9.3	8.3	8.6	5.3	7.5	0.9	-1.3	12.1
3月	11.8	11.7	11.5	7.4	12.3	11.3	11.6	9.1	11.0	4.7	2.8	14.7
4月	16.6	17.5	17.6	12.7	17.8	17.3	17.5	15.3	16.6	11.1	8.8	19.5
5月	20.8	22.3	21.9	16.9	21.9	21.8	22.1	19.8	21.1	16.9	14.8	23.2
6月	24.4	26.2	25.7	21.3	25.4	25.6	25.8	23.9	25.0	22.3	20.2	25.9
7月	27.9	29.6	29.2	23.6	29.5	29.0	29.7	27.2	27.8	23.9	22.8	30.5
8月	29.5	31.3	30.8	26.3	30.4	30.4	30.7	29.7	29.4	26.3	25.2	30.8
9月	26.1	27.8	27.2	23.1	27.0	27.2	27.2	25.6	25.5	22.1	21.2	28.6
10月	20.3	21.8	21.3	17.7	22.4	21.9	21.7	19.8	19.7	15.7	14.7	24.6
11月	15.5	16.1	15.2	12.1	16.4	15.4	16.0	13.7	14.3	8.8	7.1	18.5
12月	10.5	10.3	9.2	6.2	10.5	9.4	10.1	7.6	9.0	2.5	0.4	13.0

表 2. 各地の季節別日中外気湿球温度 (WB)

	東京	大阪	名古屋	仙台	福岡	広島	高松	富山	前橋	盛岡	札幌	鹿児島
1月	2.8	4.1	3.0	0.7	4.7	4.0	4.2	2.6	1.8	—	—	7.0
2月	3.4	4.6	3.6	1.0	5.1	4.4	4.5	3.3	2.6	—	—	7.5
3月	6.2	6.8	6.0	3.8	7.9	6.8	6.8	6.0	5.2	1.6	0.2	9.7
4月	11.2	11.6	11.1	8.6	12.4	11.4	11.6	10.8	10.2	6.6	4.8	13.7
5月	15.1	15.7	15.2	12.8	15.9	15.5	15.7	15.5	14.8	12.0	10.5	17.3
6月	19.3	20.4	19.9	17.8	20.9	20.3	20.5	20.0	19.2	17.0	15.5	21.8
7月	23.0	23.6	23.3	21.0	24.1	23.8	23.9	23.8	22.4	19.9	18.2	25.0
8月	23.9	24.1	23.6	22.8	24.5	24.0	24.4	24.9	23.3	21.5	20.0	25.3
9月	21.1	21.7	21.4	19.7	21.8	21.1	21.8	21.8	20.3	17.8	16.0	23.4
10月	15.2	16.1	15.7	13.7	16.6	16.0	16.4	16.2	14.7	12.0	10.3	18.6
11月	10.2	11.0	10.1	8.2	11.2	10.5	11.2	10.7	9.1	5.9	3.8	13.3
12月	5.7	6.4	5.4	3.5	6.4	5.8	6.3	5.6	4.3	0.5	—	8.8