「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

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	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。 　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ベ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。
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	[1]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） [2]インバータターボ冷凍機・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）

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

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	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。 注１：以下、ターボ冷凍機のことを単にチラーと言うことがある。
計算条件	● 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 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、チター冷却負荷率 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 CO_2 排出係数：fce=0.474 tCO_2/千 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	● チラー冷却（冷却塔）負荷率：図１より CL（CTL）＝4.17e-5×DB^3－1.398e-3×DB^2＋2.2828e-2×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＝設計アプローチ（5℃）×CTL ● 冷却塔出口（チラー入口）冷却水温度： Tw2＝WB＋Ar　（Ap＜Ar　の時） ＝Tw2o　　（Ap＞＝Ar　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×CL（CTL）÷COP 添え字　１：改善前 ２：改善後

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

算定シート

	DB	WB	CL	Ar	改善前 1 Ap	TW2	COP	Pc	改前後 2 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)＝ΣPc1(2)× t
● PPc1＝882.2×220＝194,082kWh
　PPc2＝517.6×220＝113,869kWh

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＝Σ｛Pc1×（COP1÷COP2)｝

効果	項目	記号	効果		備考
	① 電力削減量	Wt	80.2	千 kWh/年	＝(PPc1-PPc2)÷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	①÷1,000×He×fo
	④ CO_2 排出削減量	ΔC	28.0	tCO_2/年	①÷1,000×fce

測定/取得データ

1．チラーの月別運転時間
2．チラーの定格冷却能力

留意事項

1．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。
2．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。
3．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）

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

算定シート

参考図表等

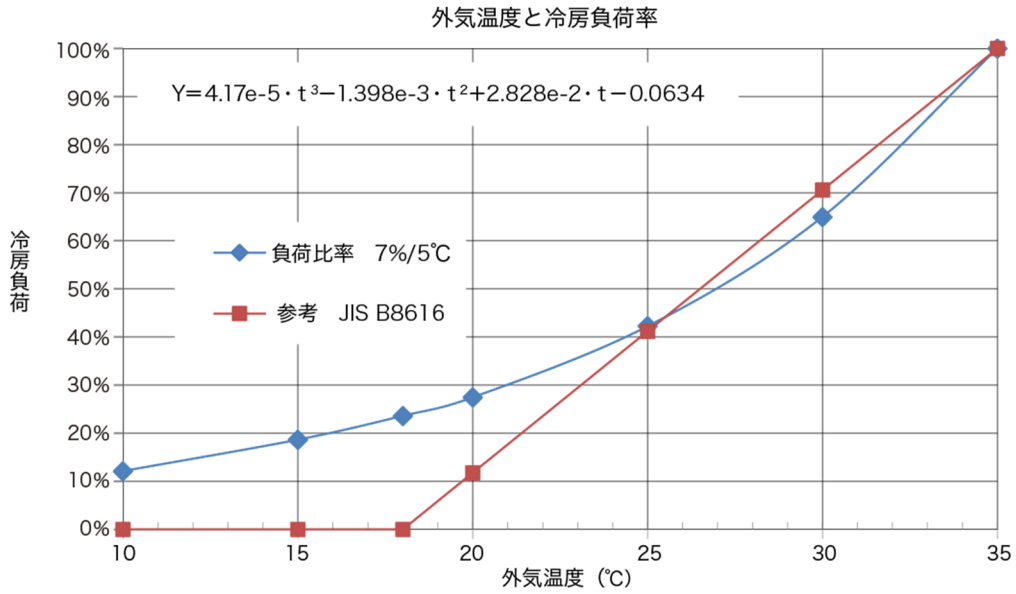
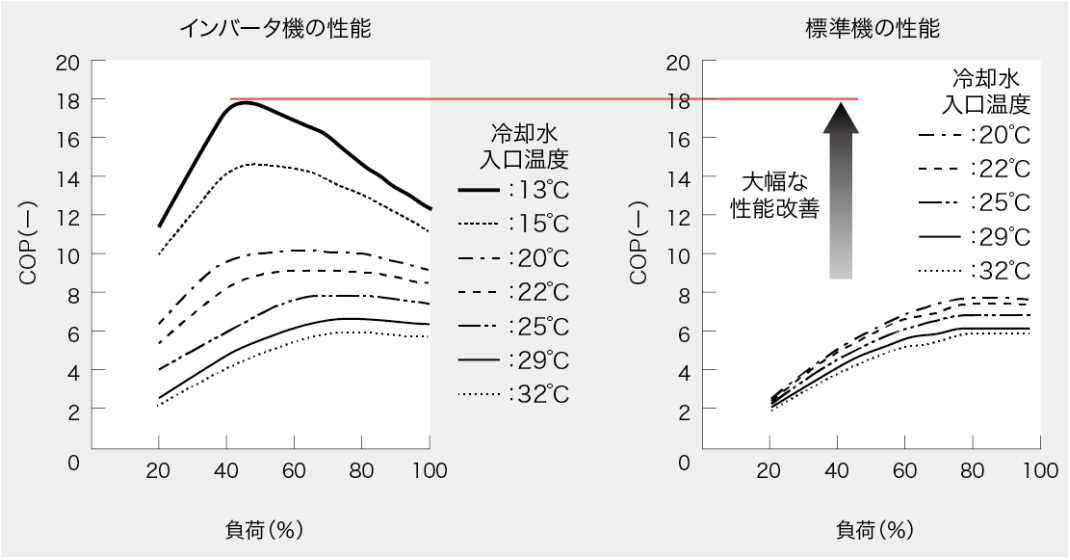


図１．外気温度と冷房負荷率の関係



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

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

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