「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）

【対策効果算定シート】

対策の種類	対策名称	シート番号	対策メニュー名
運用改善	冷却水設定温度の適正化	C11113	冷却水設定温度･流量の適正化
工程名	空調	対象設備	冷却塔
システム／設備区分名	空調システム		
対策内容	水冷チラー冷却塔の冷却水設定温度が高過ぎると冷凍機の負荷が過大となる。冷却水温度の適正化により冷凍機負荷を下げて電力使用量を低減し、CO_2 排出量を削減する。		

1．計画時の効果算定

効果算定のポイント		① 対策実施前の空調電力使用量は、本シートが提供する図表を利用して算出する。設置場所は東京とする。 ② 本シートは、スクリュー冷凍機において、冷却水バイパス制御（補足説明①参照）の設定値が 22[℃]だったものを 15[℃]に適正化して CO_2 を削減する効果算定手順例を示す（補足説明②参照）。
対策実施前	活動種別	系統電力
	年間活動量	対策実施前の空調電力使用量 E1 は、補足説明③で計算した月ごとの消費電力 Pc1 から算出する。毎月の運転時間は 220[h/月]なので、表 3 の月ごとの消費電力の合計値 185.7[kW]を乗じて下記になる。 E1＝Pc1×t ＝185.7[kW]×220[h]＝40,854[kWh]＝40.9[千 kWh]

表 1　対策実施前の空調電力使用量の算定に使用する数値とその根拠

記号	項目	数値	根拠
Pco	チラー定格消費電力	78.1[kW]	仕様書
Pc1	対策実施前の月ごとの消費電力の合計値	185.7[kW]	補足説明③
t	運転時間	220[h/月] (4 月～11 月)	10[h/日]×22[日/月]
Two1	対策実施前の冷却水設定温度	22[℃]	設定値
Ao	冷却塔設計アプローチ	5[℃]	仕様書
Tc	冷水出口温度	7[℃]	設定値
H	電力の一次エネルギー換算係数	8.64[GJ/千 kWh]	省エネ法施行規則（経産省 2024. 4．1 施行）
α	電力の CO_2 排出係数	0.000 436[t-CO_2/kWh]	SHIFT 事業モニタリング報告ガイドライン Ver.4.1

「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）

<table>
<tr><td rowspan="2">対策実施前</td><td>エネルギー使用量</td><td>対策実施前のエネルギー使用量 PE1 は、対策実施前の電力使用量 E1 に電力の一次エネルギー換算係数 H を乗じて下記になる。
PE1＝E1×H
＝40.9[千 kWh/年]× 8.64[GJ/千 kWh]＝ 353[GJ/年]</td></tr>
<tr><td>CO_2 排出量</td><td>対策実施前の CO_2 排出量 C1 は、対策実施前の空調電力使用量 E1 に電力の CO_2 排出係数αを乗じて下記になる。
C1＝E1×α
＝40.9[千 kWh/年]×0.000 436[t-CO_2/kWh]＝0.0 178[千 t-CO_2/年]
＝ 17.8[t-CO_2/年]</td></tr>
<tr><td rowspan="3">実施計画</td><td>活動種別</td><td>系統電力</td></tr>
<tr><td>年間活動量</td><td>実施計画の空調電力使用量 E2 は、補足説明③で計算した月ごとの消費電力 Pc2 から算出する。毎月の運転時間は 220[h/月]なので、表 3 の月ごとの消費電力の合計値 177.2[kW]を乗じて、下記になる。
E2＝Pc2×t
＝177.2[kW]×220[h]＝38,984[kWh]＝39.0[千 kWh]

表 2　実施計画の空調電力使用量の算定に使用する数値とその根拠
<table>
<tr><th>記号</th><th>項目</th><th>数値</th><th>根拠</th></tr>
<tr><td>Pc2</td><td>実施計画の月ごとの消費電力の合計値</td><td>177.2[kW]</td><td>補足説明③</td></tr>
<tr><td>Two2</td><td>実施計画の冷却水設定温度</td><td>15[℃]</td><td>計画値</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>エネルギー使用量</td><td>実施計画のエネルギー使用量 PE2 は、実施計画の電力使用量 E2 に電力の一次エネルギー換算係数 H を乗じて下記になる。
PE2＝E2×H
＝39.0[千 kWh/年]× 8.64[GJ/千 kWh]＝ 337[GJ/年]</td></tr>
<tr><td>CO_2 排出量</td><td>実施計画の CO_2 排出量 C2 は、実施計画の空調電力使用量 E2 に電力の CO_2 排出係数αを乗じて下記になる。
C2＝E2×α
＝39.0[千 kWh/年]×0.000 436[t-CO_2/kWh]＝0.0 170[千 t-CO_2/年]
＝ 17.0[t-CO_2/年]</td></tr>
<tr><td colspan="2">実施計画のエネルギー削減量</td><td>対策実施前と実施計画のエネルギー使用量の差異より下記になる。
PE1－PE2＝ 353[GJ/年]－ 337[GJ/年]＝ 16[GJ/年]</td></tr>
<tr><td colspan="2">実施計画の CO_2 削減量</td><td>対策実施前と実施計画の CO_2 排出量の差異より下記になる。
C1－C2＝ 17.8[t-CO_2/年]－ 17.0[t-CO_2/年]＝0.8[t-CO_2/年]</td></tr>
</table>

「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）

補足説明

① 冷却塔のバイパス制御

水冷チラー（吸収式ターボ、スクリュー、他）の冷却塔は、冷却水温度の下がり過ぎの防止のため、混合（または分岐）三方弁による冷却水バイパス制御が行われている（図１）。しかし、この設定温度を安全側に高くし過ぎて、チラーに過大な負担をかけている場合がある。本対策は温度設定値を適正化し、CO_2削減を計るものである。

冷却水チラー入口温度の下限値は、チラーの種類により異なり下記のように言われている。

吸収式冷凍機　　：22[℃]
ターボ冷凍機　　：20[℃]
スクリュー冷凍機　：15[℃]

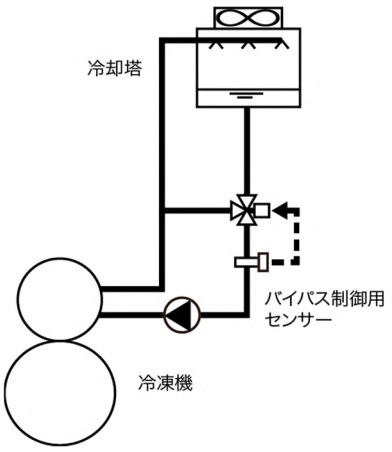


図１　冷却塔のバイパス制御

② 冷却水温度と COP の関係

チラーの性能（COP）はチラーの冷却水入口温度に大きく影響され、冷却水温度が低いほど向上する。その一例をスクリュー冷凍機について、図 2 に示す。図より、冷水出口温度が 7[℃]の場合、標準の冷却水入口温度 32[℃]を 15[℃]に低下させると COP が 160[%]に増加することがわかる。すなわち、消費電力量は 100[%]÷160[%]＝63[%]に削減される。

年間電力使用量を算出するには、チラーの冷却水入口温度（すなわち冷却塔冷却水出口温度）を知る必要がある。

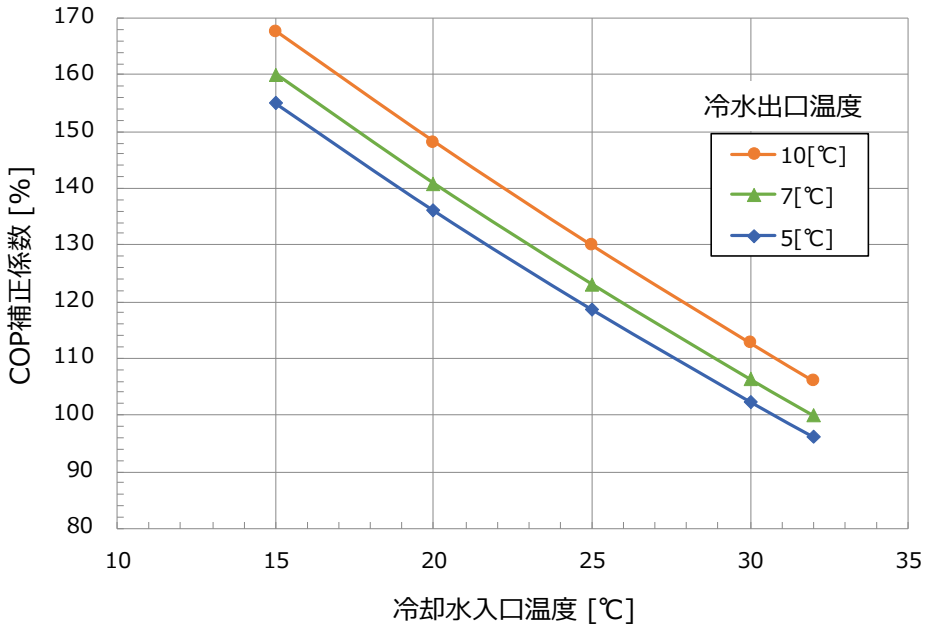
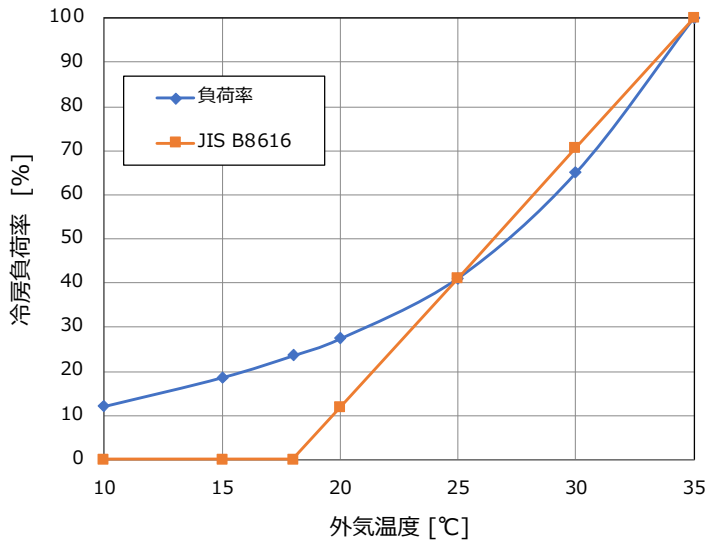


図２　冷却水入口温度と COP 補正係数（スクリュー冷凍機　R134a）の関係例

「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）

補足説明	スクリュー冷凍機以外については下記のようにする。 1) 容積型冷凍機 レシプロ（往復動）やスクロール等、他の容積型冷凍機においては、スクリュー冷凍機と同様に取り扱う。 2) 吸収式冷凍機やターボ冷凍機 吸収式冷凍機やターボ冷凍機も冷却水温度を下げれば性能が向上するのはスクリュー冷凍機と同じである。ただし、設備により冷却水温度の許容下限値が異なる他、性能への影響度も異なる。 本対策の実施に当たっては、メーカー等のサポートの下、その効果を独自に算定することを推奨するが、算定の考え方は本シートと同様である。 （参考） 冷却水温度が 1[℃]低下した場合に対する COP 向上率について スクリュー冷凍機：3.3[%/℃]（図 2 の冷却水入口温度 32[℃]～20[℃]の間） 吸収式冷凍機：　3.8[%/℃]（2021 ビル省エネ手帳（省エネルギーセンター）p.43 図 4 冷却水入口温度を変化させた時のガス消費率の変化） ターボ冷凍機：　2.4[%/℃]（2021 ビル省エネ手帳（省エネルギーセンター）p.42 図 2 部分負荷予想曲線） ③ チラーの電力使用量 チラー消費電力は COP 補正係数 fσ（冷却水入口温度 32[℃]、冷水出口温度 7[℃]を標準とする）を用いて下記になる。 Pc＝Pco×CL÷fσ　(1) ここで、Pco ：チラー定格消費電力 [kW] CL ：チラー負荷率 [%] fσ ：COP 補正係数 [%] 図 3 に外気温度と冷房負荷率の関係（想定）を示す。チラー負荷率(CL)は冷房負荷率に等しい。図 3 を用いて空調使用月の外気乾球温度(DB)の平均値から、月ごとの負荷率を決定する。 COP 補正係数(fσ)は図 2 から読み取る。図 2 の冷却水入口温度(Tw)は、アプローチ余力(Ap)が必要アプローチ(Ar)よりも大きい場合は冷却水設定温度(Two)に等しいが、小さい場合は必要アプローチ(Ar)に外気湿球温度(WB)を加算した値になる。すなわち、 Ap＝Two－WB　(2) Ar＝Ao×CTL　(3) ここで、Ap ：アプローチ余力 [℃] Ar ：必要アプローチ [℃] Two ：冷却水設定温度 [℃] WB ：外気湿球温度 [℃]

「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）

補足説明	Ao　：冷却塔設計アプローチ［℃］ CTL：冷却塔負荷率［%］（チラー負荷率(CL)に等しいとする。） Ap≧Ar の時：Tw＝Two Ap＜Ar の時：Tw＝Ar＋WB　(4) 各地の月別日中外気乾球温度(DB)と外気湿球温度(WB)の例を表 4、表 5 に示す本算定では設置場所を東京とする。 以上により、表 1、表 2 に示す数値を用いて対策実施前と実施計画のチラー消費電力を月ごとに算出した結果を表 3 に示す。電力使用量は月ごとの空調使用時間を乗じて求める。 Pc1 が実測されている場合は対策実施前と実施計画の COP 補正係数の比を乗じて、下記式により Pc2 が算出できる。 Pc2＝Pc1×(fσ1÷fσ2)　(5)  **図 3　外気温度と冷房負荷率（想定）** (CL＝4.17×10^{-5}DB^{3}－1.398×10^{-3}DB^{2}＋2.828×10^{-2}DB－0.0634)

「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）

補足説明

表３　チラー消費電力の算定結果

					対策実施前				実施計画			
項目	DB [℃]	WB [℃]	CL [%]	Ar [℃]	Ap [℃]	Tw2 [℃]	fσ1 [%]	Pc1 [kW]	Ap [℃]	Tw2 [℃]	fσ2 [%]	Pc2 [kW]
引用先	表４	表５	図３	式(3)	式(2)	式(4)	図２	式(1)	式(2)	式(4)	図２	式(1)
４月	16.6	11.2	21	1.1	10.8	22.0	134	12.2	3.8	15.0	160	10.3
５月	20.8	15.1	30	1.5	6.9	22.0	134	17.5	-0.1	16.6	154	15.2
６月	24.4	19.3	40	2.0	2.7	22.0	134	23.3	-4.3	21.3	136	23.0
７月	27.9	23.0	54	2.7	-1.0	25.7	121	34.9	-8.0	25.7	121	34.9
８月	29.5	23.9	62	3.1	-1.9	27.0	116	41.7	-8.9	27.0	116	41.7
９月	26.1	21.1	47	2.4	0.9	23.5	128	28.7	-6.1	23.5	128	28.7
10 月	20.3	15.2	28	1.4	6.8	22.0	134	16.3	-0.2	16.6	154	14.2
11 月	15.5	10.2	19	1.0	11.8	22.0	134	11.1	4.8	15.0	160	9.3
							合計	185.7			合計	177.2

表４　各地の月別日中外気乾球温度［℃］

	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５　各地の月別日中外気湿球温度［℃］

	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

「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）

補足説明	出典・参考資料 [１]『ビル省エネ手帳』（省エネルギーセンター） [２]『吸収式冷凍機』高田秋一・吉川光雄（省エネルギーセンター） [３]『新版　省エネチューニングマニュアル』（省エネルギーセンター） [４]『省エネチューニングガイドブック』（省エネルギーセンター） [５]『RefpropVer.6』(NIST : National Institute of Standard and Technology, USA)
留意事項	① 本対策の省エネ効果は、冷却塔能力に余裕が生じる中間期・冬期のみに発揮される。 ② 推定による数値を用いる場合には、必ず根拠を明確にすること。 ③ 数値は参考値なので、より信頼性が高いデータがあればそれを用いること。 ④ CO_2 排出係数など係数の値は、最新のものを確認して使用すること。
備考	① 冷却水温度の下限値を、冷凍機メーカーに事前に確認すること。 ② 冷却塔は水の気化熱を利用しているので、冷却水の温度は大気の温湿度に左右され湿球温度以下には下がらない。湿球温度が高い夏期の日中に冷却水温度を低く設定すると冷却塔ファンが常時回転するため、ファンモーターの使用電力が増加する。

２．対策実施後の効果算定

対策実施前	活動種別	系統電力
	エネルギー使用量	計画時の効果算定で得た対策実施前のエネルギー使用量 PE1。 PE1＝ 353[GJ/年]
	CO_2 排出量	計画時の効果算定で得た対策実施前の CO_2 排出量 C1。 C1＝ 17.8[t-CO_2/年]
対策実施後	活動種別	系統電力
	年間活動量	① 対象チラーの年間電力使用量を実測する。 ② 対策実施前に算定した実施計画の年間電力使用量 E2 と比較し、大きな差異がないことを確認する。 年間電力使用量：37.0[千 kWh/年]
	エネルギー使用量	対策実施後の年間電力使用量に電力の一次エネルギー換算係数 H を乗じて対策実施後のエネルギー使用量の実績値 PE3 を求める。 PE3＝37.0[千 kWh/年]× 8.64[GJ/千 kWh]＝ 320[GJ/年]
	CO_2 排出量	対策実施後の年間電力使用量に電力の CO_2 排出係数αを乗じて対策実施後の CO_2 排出量の実績値 C3 を求める。 C3＝37.0[千 kWh/年]×0.000 436[t-CO_2/kWh]＝0.0 161[千 t-CO_2/年] ＝16.1t-CO_2/年]
対策実施後のエネルギー削減量		対策実施前と対策実施後のエネルギー使用量の差異より下記になる。 PE1－PE3＝ 353[GJ/年]－ 320[GJ/年]＝ 33[GJ/年]
対策実施後の CO_2 削減量		対策実施前と対策実施後の CO_2 排出量の差異より下記になる。 C1－C3＝ 17.8[t-CO_2/年]－ 16.1[t-CO_2/年]＝1.7[t-CO_2/年]
留意事項		

「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）

備考	① 大気の温湿度に応じて、冷却水温度をこまめに設定することが望ましい。

3．対策効果の検証・有効性評価

効果検証と有効性評価の手順	① 対策実施前（診断・計画時）に算定した CO_2 削減量と対策実施後（報告時）に算定した CO_2 削減量を比較する。 ② 対策によって、他のシステムの CO_2 排出量に与える影響があれば調査する。 ③ ①、②を総合的に判断して、対策の有効性を評価する。