

83 冷却塔を利用した省エネルギー手法(その1)

設備お悩み解決委員会

相談 80

冷却塔を利用した省エネルギー手法について教えてください。

◎冷却塔の原理・種類と出口温度

冷却塔は、ビルや工場などで冷凍機や水冷パッケージエアコンの冷却水を冷却(放熱)し、再循環利用するための設備です。具体的には、冷却塔は冷却水と外気を接触させ、一部の冷却水が蒸発することで残りの冷却水を冷やします。

常温では、水の蒸発潜熱は約 2500kJ/kg、比熱は 4.2kJ/(kg・K)なので、1%の水の蒸発によって、残りの水の温度は約 6℃下がります。

冷却塔出口温度は、冷却水が蒸発するときの外気温度に左右され、湿球温度(以下「WB」と記す)に合わせて変化します。一般的な設計条件は、27℃WBのときに、アプローチ 5℃deg を加えて、出口温度が 32℃となるように選定されます。冷却塔ファン風量・冷却水流量が一定の条件では、出口温度は常に外気WB + アプローチ 5℃deg で変化します。

◎冷却塔による省エネルギー

①年間の外気湿球温度

図1は、東京の年間外気WBの変化を累積頻度で示したものです。

年平均WBは 12.8℃で、WB27℃はわずかに年間 10 時間前後しか出現しません。そのため、出口温度の運用設定値を 32℃固定ではなく、たとえば通年 20℃に設定すると、ほとんどの時間帯で低温の冷却水を得ることができます。図中にシ

ンガポールの WB も記載しましたが、WB は国や地域によって大きく異なります。

②ターボ冷凍機のもリエル線図

図2に、冷凍機内の冷媒の動きを表すもリエル線図を示します。

冷却塔出口温度が低めで運用した場合、冷媒の凝縮温度・圧力が低下し、圧縮機仕事を削減することができます。図中に COP (成績係数) の計算式を示しましたが、冷却塔出口温度が低めの運用は、冷凍機 COP を上げることに直結します。さらに、蒸発器の交換熱量が少し増加し、能力が若干アップします。

③冷凍機の COP と冷却水温度の関係

図3に、ターボ冷凍機の冷却水入口温度と COP の関係の一例を示します。

図より、冷却水入口温度を 1℃deg 下げると、効率が 2.5%程度上昇することが読み取れます。また、吸収冷凍機(直焚き機を含む)でも同様に、効率が 1.0~1.5%/℃deg 程度上昇します。

このように、年間を通して冷却塔出口温度を 32℃一定の運用ではなく、外気WBの日変化・季節変化を利用して積極的に出口温度を下げる運用をすると、大幅な省エネを実現することができます。東京では、年間運転時には年平均 18℃前後で運用することも可能です。

次に、図4に冷凍機冷却水入口温度と冷熱製造単価(=冷凍機本体消費エネルギー+冷却塔ファン消費動力の合計を指数化)の一例を示します。

図中の CT ファン比は、定格冷却塔ファン運転台数を 100%とし、冷却水温度を下げる目的で 2倍・3倍など、それ以上のファン台数を運転した

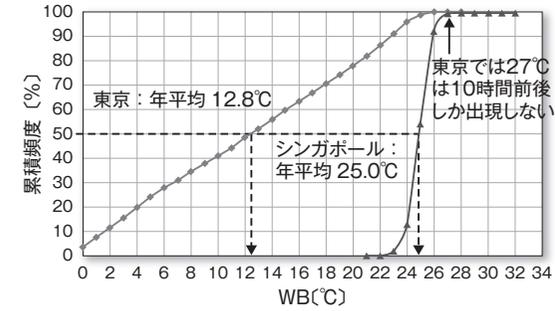


図1 東京の年間WB累積頻度

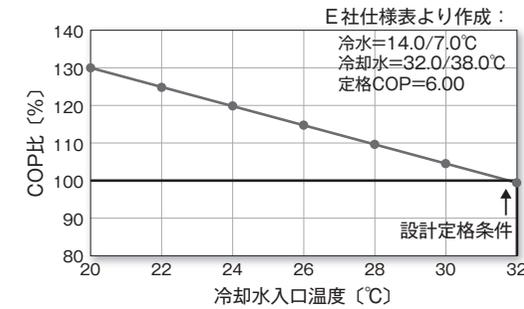


図3 冷却水入口温度と COP 比の関係(例)

場合を 200%・300%として示しています。

この図は、冷却水温度を下げる目的で必要以上にファン運転を行った場合、ファン動力の増加のため、逆に省エネにならない場合があることを示しています。吸収冷凍機の場合、相対的に放熱量が大きくファン動力も大きいため、経済メリットが出ない領域が広がるので注意が必要です。

◎運用上の留意事項

以上、この省エネ手法のメリットを述べましたが、実施には以下のような留意事項があります。

①冷却水下限温度

冷凍機には冷却水入口下限温度があり、これを下回らない制御が必要です。ターボ冷凍機では、圧縮機モータの冷却に一定の冷媒差圧が必要で、冷媒蒸発温度 + 15℃deg 前後 = 冷却水入口温度 17~18℃前後、吸収冷凍機では吸収液結晶化防止として冷却水入口温度 21~22℃前後が下限となるため、それぞれ確認が必要です。

②水質管理上の注意点

冷却水中のシリカ成分は、運転水温の低下に伴

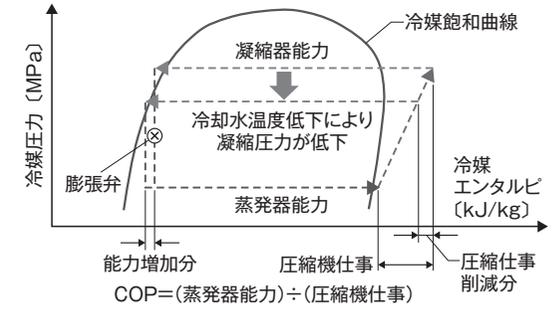


図2 ターボ冷凍機のもリエル線図上の動き(例)

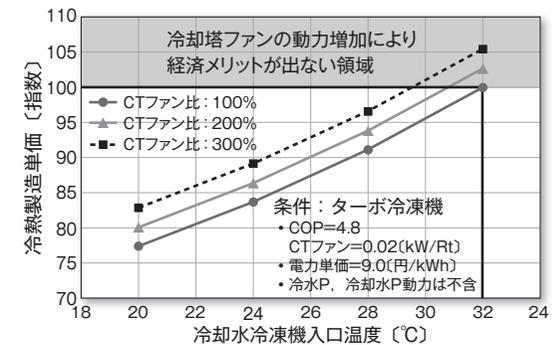


図4 冷却水入口温度と冷熱製造単価(例)

って溶解度が低下するため、スケール化(析出)しやすい環境となります。そのため、冬期などには冷却水の濃縮倍率(補給水と冷却水の電気伝導度の比)を夏期より下げるとともに、分散剤濃度を高めに運用する必要があります。

冷却塔出口温度の低めの運用は、簡便な方法で大幅な省エネを達成できる数少ない技術です。この情報が、皆さんの業務の参考になれば幸いです。

<参考文献>

日本冷却塔工業会ホームページ「冷却塔(クーリングタワー)とは…?」

\* \* \*  
本委員会では読者の皆様からの「お悩み相談」をお待ちしています。

◆送り先  
〒101-8460 東京都千代田区神田錦町 3-1  
(株)オーム社「設備と管理」編集部  
設備お悩み相談係

(TMES 岡村 明彦〔オカムラ アキヒコ〕)