「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）

3.3.3.3　冷却水システム

1．冷却水システムの概要

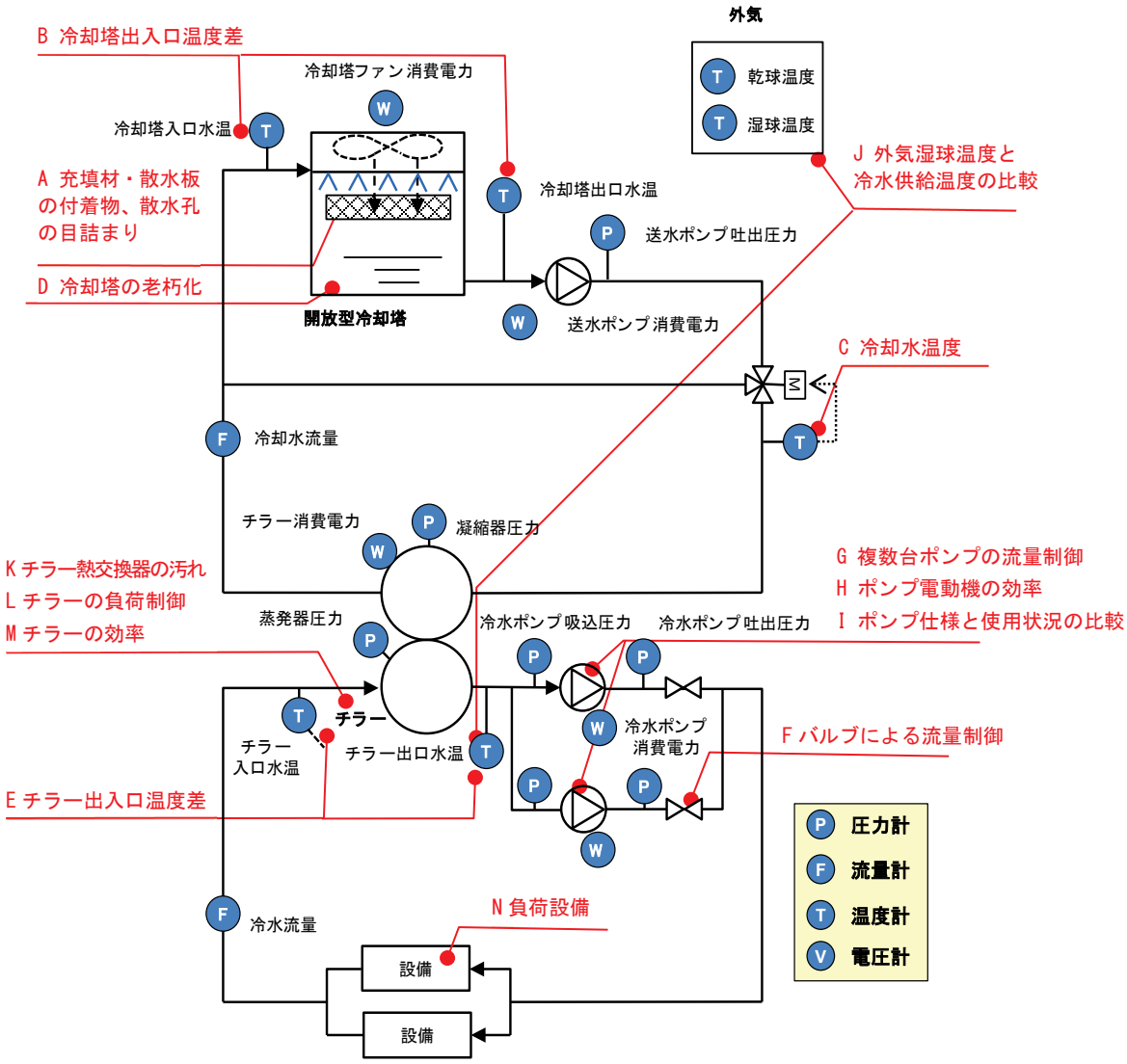


図 3.3.3.3-1 冷却水システム（循環密閉チラー型）の構成と計測箇所の例

冷却水システムは水冷式の機械、例えば圧縮機、冷凍機、エンジン、大型モーターや潤滑油、油圧装置の作動油等の冷却、あるいは化学装置の反応槽、ボイラーの復水器等の冷却、プロセス用冷却水の供給等に使われるシステムである。図 3.3.3.3-1 に冷却水システム（循環密閉チラー型）の構成と計測箇所の例を示す。冷却水システムは、冷却水の回路、冷却塔のタイプ、チラーの有無などにより図 3.3.3.3-2 のように分類される。

「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）

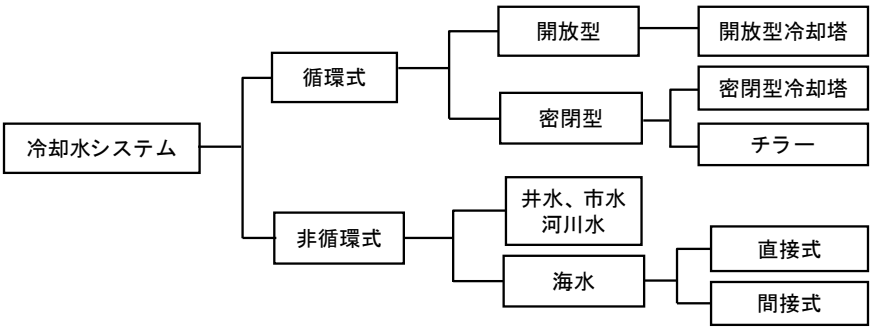


図 3.3.3.3-2 冷却水システムの分類

循環式は冷却塔等を使用して冷却水の温度を下げ、繰り返し水を使う方式で、開放型の冷却塔を使う開放型が最も一般的である。循環式密閉型は、密閉型冷却塔と負荷設備の間で冷却水を循環させるもので、冷却水が大気に触れることはないため、水質が悪化して機械のジャケット等が汚れることは少ない。チラーを使用する場合も、冷却水は密閉回路を形成するので密閉型に分類される。チラーを使用するのは、冷却すべき機械、設備が特に低温あるいは温度変動の小さい冷却水を必要とする場合である。

memo

冷却水システムでは用いられるチラーはほとんど電気駆動です。冷却水システムに由来するCO_2の発生は、全て電気によるものと言えます。

非循環式は井戸水や市水を使って冷却し、冷却後は水を捨てる方式である。発電所のように多量の冷却水を使う場合は海水を使用することが多く、海水で直接冷却する直接式と、熱交換器を介して清水で冷却する間接式がある。

冷却水システムのエネルギー源は、冷却塔のファン、ポンプ、チラー等を駆動する電気がほとんどである。吸収式冷凍機やガスエンジンヒートポンプ等は空調用として使われるが、冷却水システムへの使用は、非常に少ない。したがって、冷却水システムに由来する CO_2 の発生は、全て電気によるものといえる。

2．冷却水システムのエネルギーロスの例

- 冷却水出入口の温度差が小さいときは、流量過大であり、ポンプ過剰動力がロスとなる。
- 負荷が小さい場合、冷却塔のファンを固定速度で運転するとファンの過剰動力が損失となる。
- チラーを使用して冷水（冷却水）の温度を下げている場合で、その温度が冬期の外気と同程度のときは、フリークーリング*1を行なわないと、チラー動力の損失となる。

*1 **フリークーリング**
冷凍機を使って冷水（冷却水）を作っている場合、冬期に冷凍機を運転せずに冷却塔のみで冷水を作ること。ただし、フリークーリングで達成できる温度は外気湿球温度プラス数度である。また、寒冷地では負荷が減少すると凍結の可能性があるため、夜間の負荷が小さい場合は注意が必要である。

「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）

3．エネルギーロス把握のための計測方法

1）発生段階のロス把握

●冷却塔のロス把握のための計測

冷却水温度は外気の湿球温度に依存し、最大負荷時にアプローチ*2（冷却塔出口（冷却塔タンク内）の冷却水温度－外気湿球温度）が 5℃以下に保たれているかの確認が必要である（通常、アプローチが 5℃になるよう冷却塔は選定される）。外気の温度・湿度の計測にはアスマン温湿計が使用される。

●チラーのロス把握のための計測

チラーにおける熱交換のための温度差は、アプローチで評価できるが、その値は、設計思想により大きく変わるので、その適正値は一概にはいえない。また、チラーの負荷率にも大きく影響されることにも注意が必要である。ただ、表 3.3.3.1-1(3.3.3.1 節参照)に示すアプローチの値の上限値を上回る場合は注意が必要である。

冷媒温度の計測は、蒸発器と凝縮器における圧力計の読取り値をその飽和温度*3に換算して行なう。圧力計の取付位置は、圧縮機の吐出と吸入で、それぞれの飽和温度が凝縮温度と蒸発温度となる。

●流体の流量計測

流量計が設置されている場合は、流量計の取扱説明書および流量測定における注意点に基づき、計測精度を確認した後に計測記録する。

流量計が設置されていない場合は、可搬型の超音波量計を設置し配管の外側から流量を測定する。超音波流量計を取り付ける場合の注意点を述べる。

①流量計の上流側に配管口径の 10 倍、下流側に 5 倍程度の直管部が必要である。

②上流にポンプ、弁など流れを乱す要素がある場合にはさらに長い直管部を必要とする。

●流体の温度計測

温度は、一般的に熱電対が用いられる。温度計の取扱説明書及び温度測定における注意点に基づき温度計測の精度を確認し計測記録する。

●消費電力計測

チラー、ポンプ、冷却塔ファンの消費電力を測定する。チラーについては、圧縮機駆動用電動機及び付属機器（インバータ制御回路など）が消費する電力を測定する。

2）移送段階のロス把握

●チラー凝縮器の出入口温度差の計測

チラー凝縮器の出入口温度差が小さい場合は、冷却水ポンプの循環量を減少させると CO_2 が削減できる可能性がある。

*2 **アプローチ**
熱交換器の出口における 2 流体の温度差である。出口とは、2 流体の温度差の小さい方をいう。

冷却塔：冷却塔出口冷却水温度－外気湿球温度

チラー蒸発器：冷水出口温度－蒸発温度

チラー凝縮器：凝縮温度－冷却水出口温度

memo

アプローチの値の範囲は、3.3.3.1 空調システムの表 3.3.3.1-1 を参照してください。

*3 **飽和温度**
冷媒の種類ごとに用意されている「冷媒の熱物性表」に記されている。
通常、温度に対して飽和圧力（絶対圧力）が記載されているので値の補間処理が必要となる。

「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）

●冷水のチラー出口温度と負荷側からの戻り温度の温度差の計測

冷水のチラー出口温度と負荷側からの戻り温度の温度差が小さい場合は、冷水ポンプの循環量を減少させると CO_2 が削減できる可能性がある。

4．対策候補選定時に考慮すべき事項

・負荷が小さい時はポンプ、冷却塔ファンの回転数を制御する。

・開放型冷却塔でフリークーリングを行なう場合は、機械ジャケットや凝縮器が汚れるので、熱交換器を入れて清浄な水を循環させるか、冷却塔の水質管理を厳しくすること。

・循環式開放型システムでポンプをインバータ制御する場合は、回転数の 2 乗に比例して全揚程が小さくなるので、実揚程や管路抵抗に対して十分か検討すること

・高効率型冷却塔は、内部の充填材量を大きくして接触面積を増やしているので、寸法的に大きくなることがある。

・トップランナーモーターに更新した場合、回転数が若干上昇するので、過負荷にならないか検討すること。プーリー比の変更、あるいはインバータで回転数を調整する。

「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）

5. 診断ポイントと対策技術

機器設備	診断ポイント	対策種類	対策の例	シート番号
冷却塔	内部の充填材や散水板等にスケールやスライムが付着していないか 散水孔が目詰まりしていないか A	運用改善	薬品による洗浄	
	チラーを使用している場合に、冷却塔の出口温度制御の設定値は適正か C		冷却水温度の適正化	C11113
	冷却塔の出入口温度差が過大ではないか B	部分更新・機能付加	ファンのインバータ制御	
	冷却塔が劣化していないか D	設備導入	高効率型冷却塔に更新	
搬送系	出入口温度差が小さくなり過ぎていないか E	部分更新・機能付加	ポンプのインバータ制御（流量を制御して適切な温度差にする。複数のポンプを使用している場合は、台数制御を導入する）	A24022 C24022-2
	ポンプ吐出側のバルブにより流量調整をしていないか F		インバータによる回転数制御（バルブを全開し、インバータ回転数の制御範囲内で流量を調節する）	A24022 C24022-1
	複数台のポンプを使用している場合、所要負荷が少ない時に複数のポンプが低負荷・低効率で運転していないか G		ポンプ送水圧力による台数制御の導入	
	ポンプ仕様が実際の使用状況に比べて、吐出量、全揚程に余裕があり過ぎないか H	設備導入	現状に見合った適正サイズのポンプに更新	
	ポンプの電動機の効率が低くないか I		L2-Tech 機器やトップランナー機器に更新	A24032 C24032

「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）

機器設備	診断ポイント	対策種類	対策の例	シート番号
チラー（使用している場合）	冬期（外気湿球温度が供給冷水温度よりも低くなる時期）にチラーを止めて冷却塔の冷却水を直接あるいは熱交換器を介して冷水供給（フリークーリング）しているか J	部分更新・機能付加	フリークーリング（熱交換器、切替バルブ、自動制御等）の導入（フリークーリングへの切り替えは湿球温度をもとに行なうこと）	
	チラーの凝縮・蒸発熱交換器の定期的なメンテナンスはしているか（スケールにより熱伝達率が低くなる）K	運用改善	チラーの熱交換器の汚れ除去	
	複数のチラーに関する稼働台数の調整及び負荷の適正配分を行なっているか L		台数制御の導入	
	チラーの効率が低くないか M	設備導入	L2-Tech 機器の使用（機器寿命による交換時に検討するよう提案）	
負荷設備 N	熱交換器の定期的な点検を行なっているか	運用改善	熱交換器の清掃（定期メンテナンスの項目に加える）	
	季節変化による負荷変動に応じた冷温水や冷却水の温度及び流量を設定しているか		冷却水設定温度の適正化	C11113
	配管の長さや径、不要な曲り等で圧損を増大させていることはないか	部分更新・機能付加	配管経路の見直し（他の改造工事等と一緒に計画的に行なう）	
	冷水配管で結露している箇所はないか		冷水供給配管の断熱	
	冬期に冷水還りの排熱を利用できないか（外調機の冷却コイルで外気予熱に利用する等）		冷水還りの排熱活用（排熱温度や各所の必要温度を測定して行なう）	
	冷房負荷が少ない時に３方弁で過剰流量をバイパスしていないか		冷水流量の２方弁制御による流量の削減(基本的にはバイパスするとポンプ動力が過大になる)。ポンプの流量制御(インバータ制御)と組み合わせて実施する必要がある	A24022 C24022-2

参考図書

［1］『CO_2削減ポテンシャル診断　【実践ガイドライン 2019】』（環境省）