

# 冷却塔(インバータファン)オブジェクト 仕様書

新規作成 2025.12.12

## 目次

1. 冷却塔変風量対応オブジェクトの概要
2. 追加機能
3. 変風量対応オブジェクトの計算方法
  - (1) 計算式
  - (2) 冷却塔種別の具体的な係数

## 1. 冷却塔変風量対応オブジェクトの概要

入出力モデルを図 1 に示す。変風量対応ではない現行のオブジェクトと入出力は同じである。

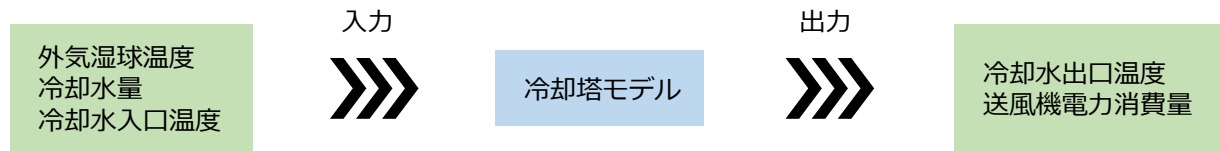


図 1 入出力モデル

冷却塔オブジェクトの構成を図 2 に示す。現行オブジェクトに対し、通信部に「冷却塔ファン INV 制御の有無」を追加、演算部に「冷却水出口温度（風量変化時）」と「送風機風量比」と「冷却塔ファン周波数」の出力を追加、機器属性部に「冷却塔ファン定格周波数」と「冷却塔ファン下限周波数」の入力欄を追加、機器属性部に収束計算のための「風量比緩和係数」が追加されている。

外気状態オブジェクト		冷却塔オブジェクト		冷却水ポンプオブジェクト	
外気条件		開放形冷却塔(遠心冷凍機用) CT(OP)-XX-310RC-02		冷却水ポンプ	
湿球温度 [°C]	27.0	エラー状態	0	エラー状態	
通信部		運転状態 0:停止 1:運転	1	運転状態 0:停止 1:運転	1
		冷却水量 [ℓ/min]	2,000	運転モード 0:停止 1:冷房 2:暖房	
		冷却水出口温度 [°C]	32.0	冷却水量 [ℓ/min]	2,000
		冷却水入口温度 [°C]	37.0	冷却水往温度 [°C]	32.0
		外気湿球温度 [°C]	27.0	冷却水還温度 [°C]	37.0
		定格冷却水量 [ℓ/min]	2,000	冷凍機負荷率 clr [-]	
制御部				ポンプ入口温度 [°C]	
		冷却塔制御			
		冷却水下限温度(制御ありで有効) [°C]	28.0		
		冷却塔ファンINV制御 1:あり 0:なし	1		
演算部		冷却水温度制御(あり=1)	1		
		冷却水量比 [%]	100		
		冷却水出口温度(下限なし) [°C]	32.0		
		冷却水出口温度(風量変化時) [°C]	32.0		
		風量比 [-]	1.00		
		冷却塔ファン周波数 [Hz]	50.0		
		送風機電力消費量 [kW]	4.0		
		冷却水出口温度 [°C]	32.0		
		エラーコード(水量, 入口温度)	0		
		エラー判定	good		
機器属性部		冷却塔属性			
		送風機定格消費電力 [kW]	4.0		
		定格冷却水量 [ℓ/min]	2,000		
		冷却塔ファン定格周波数 [Hz]	50		
		冷却塔ファン下限周波数 [Hz]	20		
		風量比緩和係数 [-]	0.0000141		
		冷却水出口温度補正係数 a [-]	1.0		
		冷却水出口温度補正係数 b [-]	0.0		
		消費電力補正係数 c [-]	1.0		
		消費電力補正係数 d [-]	0.0		

図 2 冷却塔オブジェクト（変風量対応）の構成

## 2. 追加機能

- ・ 冷却塔ファン INV 制御の有無

冷却塔ファン INV 制御を行う場合には、セル内に「1」を入力し、冷却塔ファン INV 制御を行わない場合には、セル内に「0」を入力する。このセルを 1 にすると変風量制御の計算が行われ、0 にすると定風量で ON/OFF 制御をする計算が行われる。つまり、このセルを 0 にすると現行の変風量でないオブジェクトと同一の計算となる。

- ・ 冷却水出口温度（風量変化時）

冷却塔送風機が変風量制御を行い、風量が変化したときの冷却水出口温度を出力する。現行オブジェクトにも有る冷却水出口温度（下限なし）のセルは、風量が定格風量のときの冷却水出口温度の計算値であり、そこから風量が変化したときの計算値を示す。

- ・ 風量比

冷却水下限温度に制御されたときの風量比が出力される。ただし、冷却塔ファン下限周波数を下回ったときは冷却塔ファン下限周波数の風量比、冷却塔ファン定格周波数を上回ったときは風量比 1 を出力する。

- ・ 冷却塔ファン周波数

冷却水下限温度に制御されたときの冷却塔ファン周波数が出力される。ただし、冷却塔ファン下限周波数を下回ったときは冷却塔ファン下限周波数、冷却塔ファン定格周波数を上回ったときは冷却塔ファン定格周波数を出力する。

- ・ 冷却塔ファン定格周波数

計算する冷却塔の冷却塔ファン定格周波数を入力する。単位は Hz

- ・ 冷却塔ファン下限周波数

計算する冷却塔の冷却塔ファン下限周波数を入力する。単位は Hz

冷却塔ファン定格周波数と冷却塔ファン下限周波数に入力した値が風量制御の範囲となる。例えば、図 2 のように冷却塔ファン定格周波数：50 Hz、冷却塔ファン下限周波数：20 Hz を入力すると、風量比 0.4 (20/50) ～1.0 (50/50) が制御範囲となる。

- ・ 風量比緩和係数

冷却水下限温度（設定値）となる風量比を求めるため、冷却塔オブジェクトの中で収束計算を行っている。その収束計算を適切に行うための緩和係数である。セル内にはユーザーが操作しない数式が入っており、収束計算中の冷却水温度の偏差や冷却塔ファン周波数から都度緩和係数が求められる。

### 3. 変風量対応オブジェクトの計算方法

#### (1) 計算式

現行の冷却塔オブジェクトは、外気湿球温度の関数  $T_{ds}$  および冷却水入口温度、冷却水量の影響係数  $C_{1a} \sim C_{1c}$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  を用いて冷却水出口温度  $T_d$  [°C]を得る式(1)の実験式モデルである。ここで、冷却水入口温度  $T_{dr}$  [°C]、外気湿球温度  $WB$  [°C]、冷却水量比  $V_d$  [%]であり、冷却塔ファン動力比  $CT_{pw}$  [-]は、式(2)より計算する。 $T_{dset}$  はファン発停制御時の冷却水出口下限設定温度、 $T_d$  はファン停止なし時の冷却水出口温度である。

風量制御への対応は、風量制御による冷却塔風量比  $V_a$  [-]を用い、冷却水出口温度  $T_d'$ を式(3)から求める。風量制御を用いる場合、冷却塔ファン動力比  $CT_{pw}'$  [-]は式(4)より求める。

$$T_d = T_{ds} \cdot C_2 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} T_{ds} &= C_{1a} WB^2 + C_{1b} WB + C_{1c} && \text{： 外気湿球温度の関数} \\ C_{1a} &= a_1 T_{dr}^2 + b_1 T_{dr} + c_1 && \text{： 冷却水入口温度影響係数 1} \\ C_{1b} &= a_2 T_{dr}^2 + b_2 T_{dr} + c_2 && \text{： 冷却水入口温度影響係数 2} \\ C_{1c} &= a_3 T_{dr}^2 + b_3 T_{dr} + c_3 && \text{： 冷却水入口温度影響係数 3} \\ C_2 &= f(C_3, T_{dr}, WB) && \text{： 冷却水量影響係数 1} \\ C_3 &= a_4 V_d^2 + b_4 V_d + c_4 && \text{： 冷却水量影響係数 2} \end{aligned}$$

$$CT_{PW} = (T_{dr} - T_{dset}) / (T_{dr} - T_d) \quad (2)$$

$$T_d' = T_d \cdot C_4 = T_{ds} \cdot C_2 \cdot C_4 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} C_4 &= f(C_5, T_{dr}, WB) && \text{： 冷却塔風量影響係数 1} \\ C_5 &= a_5 V_a^4 + b_5 V_a^3 + c_5 V_a^2 + d_5 V_a + e_5 && \text{： 冷却塔風量影響係数 2} \end{aligned}$$

$$CT_{PW}' = V_a^3 \quad (4)$$

#### (2) 冷却塔種別の具体的な係数

開放型冷却塔（遠心冷凍機用）、開放型冷却塔（吸収冷温水機用）、密閉型冷却塔（遠心冷凍機用）、密閉型冷却塔（吸収冷温水機用）の4種類それぞれの係数を次に示す。

・ 開放型冷却塔（遠心冷凍機用）

$$C_{1a} = -0.000004721794474 * T_{dr}^2 + 0.00029751111532 * T_{dr} + 0.00061832038261$$

$$C_{1b} = 0.000084967776296 * T_{dr}^2 - 0.0067128829235 * T_{dr} + 0.23836348677$$

$$C_{1c} = -0.006443915064 * T_{dr}^2 + 0.95482871943 * T_{dr} - 1.1396350496$$

$$C_2 = 1 - (1 - C_3) * (T_{dr} - WB) / (0.5 * T_{dr} + 12)$$

$$C_3 = -0.288961 * (V_d/104)^2 + 0.86331 * (V_d/104) + 0.4370549$$

$$C_4 = (1 - (1 - C_5) * (T_{dr} - WB) / (23.5 * T_{dr} + 105.8))$$

$$C_5 = 1.3064 * (V_a/(-0.45))^2 + 8.5558 * (V_a/(-0.45)) + 13.5616$$

・開放型冷却塔（吸収冷温水機用）

$$C_{1a} = -0.0000049939687319 * T_{dr}^2 + 0.00031286390612 * T_{dr} + 0.00063270932352$$

$$C_{1b} = 0.000090507617734 * T_{dr}^2 - 0.0071332458063 * T_{dr} + 0.25202206224$$

$$C_{1c} = -0.0065417988109 * T_{dr}^2 + 0.94454787305 * T_{dr} - 1.1319362411$$

$$C_2 = 1 - (1 - C_3) * (T_{dr} - WB) / (0.5 * T_{dr} + 12)$$

$$C_3 = -0.288961 * (V_d/104)^2 + 0.86331 * (V_d/104) + 0.4370549$$

$$C_4 = (1 - (1 - C_5) * (T_{dr} - WB) / (23.5 * T_{dr} + 105.8))$$

$$C_5 = 1.3064 * (V_a/(-0.45))^2 + 8.5558 * (V_a/(-0.45)) + 13.5616$$

・密閉型冷却塔（遠心冷凍機用）

$$C_{1a} = -0.0000048081640207 * T_{dr}^2 + 0.000298698561 * T_{dr} + 0.00068359522263$$

$$C_{1b} = 0.000087826720043 * T_{dr}^2 - 0.0069761540335 * T_{dr} + 0.24656682705$$

$$C_{1c} = -0.0060978685516 * T_{dr}^2 + 0.93816579767 * T_{dr} - 1.0527421123$$

$$C_2 = 1 - (1 - C_3) * (T_{dr} - WB) / (0.5 * T_{dr} + 12)$$

$$C_3 = -0.288961 * (V_d/104)^2 + 0.86331 * (V_d/104) + 0.4370549$$

$$C_4 = (1 - (1 - C_5) * (T_{dr} - WB) / (23.5 * T_{dr} + 105.8))$$

$$C_5 = 1.3064 * (V_a/(-0.45))^2 + 8.5558 * (V_a/(-0.45)) + 13.5616$$

・密閉型冷却塔（吸収冷温水機用）

$$C_{1a} = -0.000005033245373 * T_{dr}^2 + 0.00031046999198 * T_{dr} + 0.00076283458793$$

$$C_{1b} = 0.000093279709905 * T_{dr}^2 - 0.0073688715667 * T_{dr} + 0.25973716579$$

$$C_{1c} = -0.0061994318485 * T_{dr}^2 + 0.92775351429 * T_{dr} - 1.0458200726$$

$$C_2 = 1 - (1 - C_3) * (T_{dr} - WB) / (0.5 * T_{dr} + 12)$$

$$C_3 = -0.288961 * (V_d/104)^2 + 0.86331 * (V_d/104) + 0.4370549$$

$$C_4 = (1 - (1 - C_5) * (T_{dr} - WB) / (23.5 * T_{dr} + 105.8))$$

$$C_5 = 1.3064 * (V_a/(-0.45))^2 + 8.5558 * (V_a/(-0.45)) + 13.5616$$