

5. ポリブテン管の保冷保温

5-1. 保冷

配管の表面に結露し、それが管自体及び周辺に悪影響を及ぼすおそれのある場合は、被覆材の表面温度を外部の温度湿度条件における露点温度以下となるように、適切な被覆材を使用して防露措置を行ってください。

(1) 表面温度の計算式

$$T = \frac{q}{h_a \cdot \pi \cdot d_2} + T_o$$

ここに
 T : 被覆材表面温度 $^{\circ}\text{C}$
 h_a : 熱伝達係数 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
 d_2 : 被覆材外径 m
 T_o : 外気温度 $^{\circ}\text{C}$
 q : 熱損失量 W/m
 q は、以下による。

$$q = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{\pi} \left\{ \frac{1}{h_a \cdot d_2} + \frac{1}{2\lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_1}{d_0}\right) + \frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) \right\}}$$

λ_1 : P B管の熱伝導率 $\text{W}/\text{m K}$
 λ_2 : 被覆材の熱伝導率 $\text{W}/\text{m K}$
 d_0 : P B管内径 m
 d_1 : P B管外径 m
 T_i : 流体温度 $^{\circ}\text{C}$

(2) 計算例

ポリブテン配管に一般的に使用されているポリエチレンフォーム保温材を使用した場合の被覆材の必要厚さを以下に示します。

なお、ポリエチレンフォーム保温材の熱伝導率は、 $0.03\text{W}/\text{mK}$ としました。

流体温度及び外気温度湿度条件については、「HASS-010 空気調和衛生設備工事標準仕様書」及び「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」を参考にしました。

(3) 保冷（防露）計算例

① 給水配管

1) 屋内空調部分

流体温度	15℃
外気温度	26℃
外気湿度	60%
露点温度	17.6℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	5										
表面温度(℃)	22.1	22.0	22.0	21.9	21.8	21.8	21.8	21.9	21.9	22.0	22.1

2) 屋内非空調部分（一般条件）

流体温度	15℃
外気温度	30℃
外気湿度	85%
露点温度	27.2℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	20										
表面温度(℃)	28.6	28.5	28.4	28.4	28.3	28.2	28.2	28.1	28.1	28.0	28.0

3) 屋内非空調部分（多湿条件）

流体温度	15℃
外気温度	30℃
外気湿度	90%
露点温度	28.2℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	20							25			
表面温度(℃)	28.6	28.5	28.4	28.4	28.3	28.2	28.2	28.5	28.4	28.4	28.4

②冷水配管

1)-1 屋内空調部分

流体温度	5℃
外気温度	26℃
外気湿度	60%
露点温度	17.6℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	10					15					
表面温度(℃)	22.0	21.8	21.6	21.5	21.4	22.7	22.7	22.6	22.5	22.5	22.5

1)-2 屋内空調部分

流体温度	7℃
外気温度	26℃
外気湿度	60%
露点温度	17.6℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	10										
表面温度(℃)	22.4	22.2	22.1	21.9	21.8	21.7	21.7	21.6	21.6	21.6	21.6

1)-3 屋内空調部分

流体温度	10℃
外気温度	26℃
外気湿度	60%
露点温度	17.6℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	10										
表面温度(℃)	22.9	22.8	22.7	22.6	22.4	22.4	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3

2)-1 屋内非空調部分(一般条件)

流体温度	5℃
外気温度	30℃
外気湿度	85%
露点温度	27.2℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	20					25					
表面温度(℃)	27.7	27.6	27.4	27.3	27.2	27.7	27.6	27.5	27.5	27.4	27.4

2)-2 屋内非空調部分

流体温度	7℃
外気温度	30℃
外気湿度	85%
露点温度	27.2℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	20					25					
表面温度(℃)	27.9	27.8	27.6	27.5	27.4	27.3	27.2	27.7	27.7	27.6	27.6

2)-3 屋内非空調部分

流体温度	10℃
外気温度	30℃
外気湿度	85%
露点温度	27.2℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	20										
表面温度(℃)	28.2	28.1	27.9	27.8	27.7	27.6	27.6	27.5	27.4	27.4	27.4

3)-1 屋内非空調部分(多湿条件)

流体温度	5℃
外気温度	30℃
外気湿度	90%
露点温度	28.2℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	30					40					
表面温度(℃)	28.6	28.5	28.4	28.3	28.2	28.7	28.6	28.5	28.5	28.4	28.4

3)-2 屋内非空調部分

流体温度	7℃
外気温度	30℃
外気湿度	90%
露点温度	28.2℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	30					40					
表面温度(℃)	28.7	28.0	28.5	28.4	28.3	28.3	28.2	28.6	28.6	28.5	28.5

3)-3 屋内非空調部分

流体温度	10℃
外気温度	30℃
外気湿度	90%
露点温度	28.2℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保冷厚さ(mm)	30										
表面温度(℃)	28.9	28.8	28.7	28.6	28.5	28.5	28.4	28.4	28.3	28.3	28.2

5-2. 保温

給湯配管などで人体に配管が接触するおそれのある場合、表面温度が40度以下となるように適切な保温材などを使用して保温被覆してください。

また温泉配管などで温度降下が想定される場合も適切な保温材などを使用して保温被覆してください。

(1) 表面温度の計算式

「1-1.」に示す計算式と同じです。

(2) 表面温度の計算例

1) 高温給湯

流体温度	90℃
外気温度	20℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保温厚さ(mm)	10										
表面温度(℃)	32.6	33.2	33.8	34.2	34.7	35.0	35.1	35.2	35.3	35.2	35.1

2) 一般給湯

流体温度	60℃
外気温度	20℃

呼び	10	13	16	20	25	30	40	50	65	75	100
保温厚さ(mm)	5										
表面温度(℃)	32.8	33.1	33.3	33.5	33.8	33.8	33.8	33.7	33.4	33.2	32.8

(3) 温度降下の計算式

$$t_o = t_a + (t_i - t_a) \cdot e^{-L/R \cdot C_p \cdot Q}$$

ここに	t_o	: 管の出口での流体温度	℃
	t_a	: 外気温度	℃
	t_i	: 管の入り口での流体温度	℃
	e	: 自然対数の底(=2.71828)	
	L	: 配管長さ	m
	R	: 伝熱抵抗	m/W
	C_p	: 水の比熱	kJ/kg K
	Q	: 流量	kg/hr

上式のうち伝熱抵抗Rは、保温材の有無や露出配管又は埋設配管など、種々の配管条件によって異なる。

主な配管条件での伝熱抵抗Rは、それぞれ①～③式で与えられる。

1) 露出裸管の場合

$$R = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{h_a \cdot r_1} + \frac{1}{\lambda_1} \cdot \ln \left(\frac{r_1}{r_0} \right) + \frac{1}{h_w \cdot r_0} \right\} \dots\dots\dots ①$$

2) 露出保温管の場合

$$R = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{h_a \cdot r_2} + \frac{1}{\lambda_1} \cdot \ln \left(\frac{r_1}{r_0} \right) + \frac{1}{\lambda_2} \cdot \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) + \frac{1}{h_w \cdot r_0} \right\} \dots\dots\dots ②$$

3) 埋設保温管の場合

$$R = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\lambda_1} + \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\lambda_2} + \frac{\varepsilon_3}{\lambda_3} \right\} \dots\dots\dots ③$$

$$\begin{aligned} \text{ただし } \varepsilon_1 &= \ln \left[\frac{H}{r_0} \left\{ 1 + \sqrt{1 - (r_0/H)^2} \right\} \right] \\ \varepsilon_2 &= \ln \left[\frac{H}{r_1} \left\{ 1 + \sqrt{1 - (r_1/H)^2} \right\} \right] \\ \varepsilon_3 &= \ln \left[\frac{H}{r_2} \left\{ 1 + \sqrt{1 - (r_2/H)^2} \right\} \right] \end{aligned}$$

ここに

h_a : 熱伝達係数 W/m^2K

h_w : 管内面と水の熱伝導率 W/m^2K

(水の場合 3,488w/m²k以上)

r_0 : P B管の内半径 m

r_1 : P B管の外半径 m

r_2 : 保温管の外半径 m

λ_1 : P B管の熱伝導率 W/mK

λ_2 : 保温材の熱伝導率 W/mK

λ_3 : 土の熱伝導率 W/mK

H : 管中心までの埋設深さ m

(備考: $\frac{1}{h_w \cdot r_0}$ の項は、計算する際、無視しても実用上問題はない。)

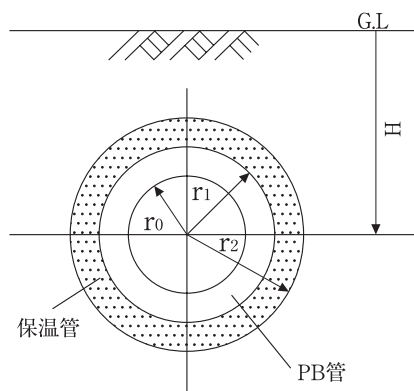


表5-1に各種保温材料の熱伝導率を示す。

表5-1 保温材の熱伝導率

品 名	種 類	熱伝導率 W/mK
けい酸カルシウム	保温筒, 1号-13	0.0407
はっ水性パーライト	保温筒, 4号	0.0483
グラスウール	保温筒	0.0324
ロックウール	保温筒	0.0314
ビーズ法ポリスチレンフォーム	保温筒, 2号	0.0336
押出法ポリスチレンフォーム	保温筒, 2種	0.0310
硬質ウレタンフォーム	保温筒, 1種2号	0.0209
ポリエチレンフォーム	保温筒, 1種	0.0390
フェノールフォーム	保温筒, 2種2号	0.0311

(JIS A 9501-2006 による)

(4) 温度降下の計算例

①露出裸管の場合

ポリブテン管の呼び径50を保温材なしで露出配管したときの温度降下を求めます。

$$\begin{array}{llll} \text{[条件]} & \text{流} & \text{速} & v : 1.5\text{m/sec} & \text{管路長さ} & L : 500\text{m} \\ & \text{温水入口温度} & t_1 : 85^\circ\text{C} & & \text{外気温度} & t_0 : 0^\circ\text{C} \end{array}$$

まず、伝熱抵抗Rを求める。(ただし、 $\frac{1}{h_w \cdot r_0}$ の項は無視するものとする)

$$R = \frac{1}{2\pi} \times \left\{ \frac{1}{10 \times (3 \times 10^{-2})} + \frac{1}{0.2} \ell n \frac{3 \times 10^{-2}}{2.495 \times 10^{-2}} \right\} = 0.667\text{mK/W}$$

流量Qは次のようになります。

$$Q = 1.5 \times \pi \times (2.495 \times 10^{-2})^2 \times 3600 = 10.561\text{m}^3/\text{hr} = 10561\text{kg/hr}$$

従って、管の出口における流体温度 t_0 は次のようになります。

$$t_0 = 0 + (85 - 0) \times e^{-500 / (0.667 \times 10561)} = 79.2^\circ\text{C}$$

すなわち、85℃の温水は管路長500mの間に

$$t = 85 - 79.2 = 5.8^\circ\text{C}$$

だけ温度が降下することになります。

②露出保温管の場合

(1) と同じ条件で、厚さ20mmのポリスチレンフォーム（熱伝導率0.03W/mK）で保温して露出配管したときの温度降下を求めます。

伝熱抵抗Rを求めると次のようになります。

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{2\pi} \times \left\{ \frac{1}{10 \times (5 \times 10^{-2})} + \frac{1}{0.2} \ell n \frac{3 \times 10^{-2}}{2.495 \times 10^{-2}} + \frac{1}{0.03} \ell n \frac{5 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-2}} \right\} \\ &= 3.164\text{mK/W} \end{aligned}$$

また、流量は同じであるため、管の出口における流体温度 t_0 は次のように求めます。

$$t_0 = 0 + (85 - 0) \times e^{-500 / (3.164 \times 10561)} = 83.7^\circ\text{C}$$

すなわち、この時の温度降下は

$$t = 85 - 83.7 = 1.3^\circ\text{C}$$

となります。

③温度降下線図

露出裸管及び、露出保温管の場合について、呼び径50、75、100における温度降下線図を図5-1、5-2、5-3に示します。

条件：保温材：発泡ポリスチレン、厚さ20mm

外気温：-5℃（無風）

流速：1.5m/sec

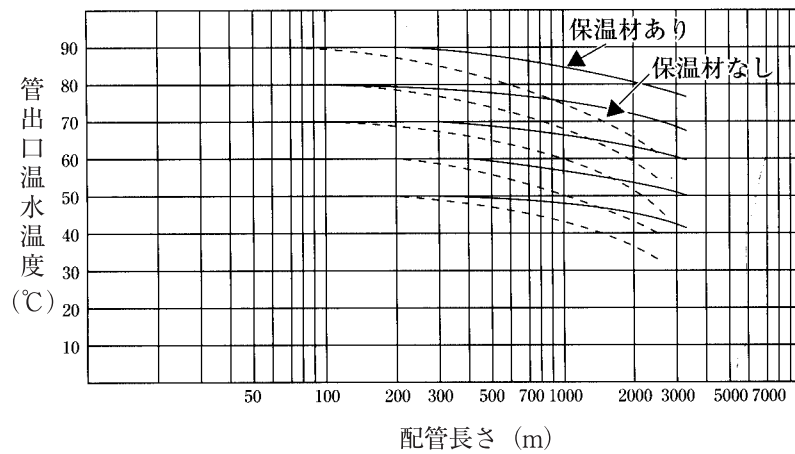


図5-1 温度降下線図 呼び径50

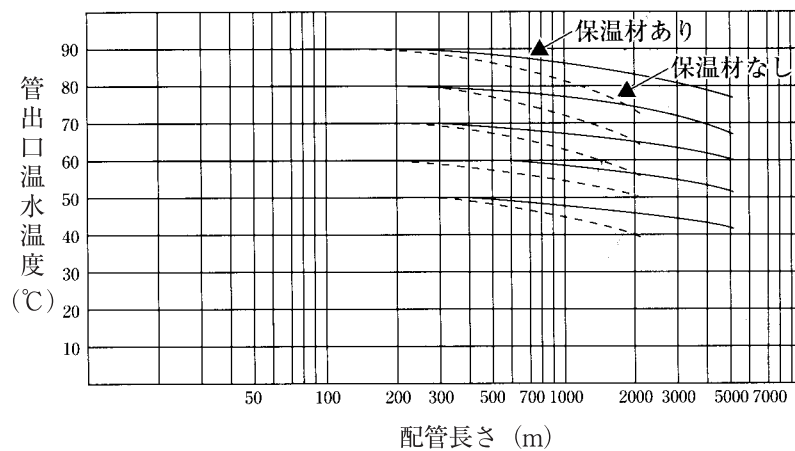


図5-2 温度降下線図 呼び径75

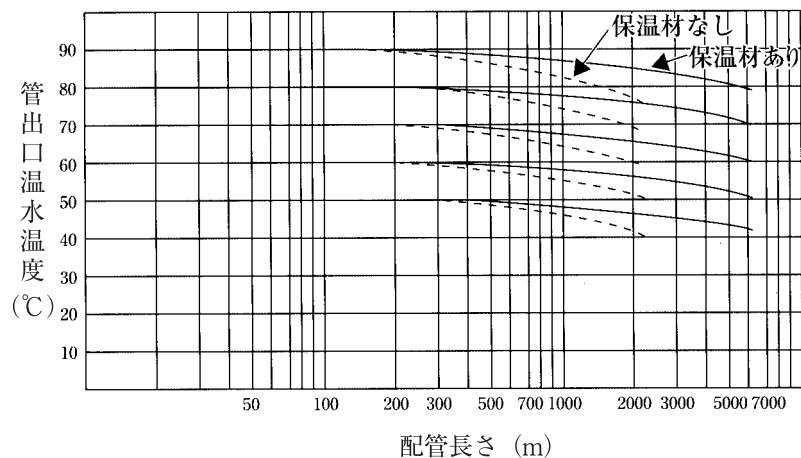


図5-3 温度降下線図 呼び径100