

MLPA

アルミ複合ポリエチレン管の熱伝導計算

MLPA D010—2012

2012年 3月22日 制定

アルミ複合ポリエチレン管協会

Multi Layer Pipe Association

技術部会 / 設計委員会

(部会長)	川田 厚	株式会社 三栄水栓製作所
(委員長)	藤澤 秀樹	株式会社 ハタノ製作所
	水野 宏俊	アロン化成株式会社
	中倉 光浩	タイフレックス株式会社
	坂田 泰博	株式会社 テクノフレックス
	関 浩司	株式会社 テクノフレックス

はじめに

アルミ複合ポリエチレン管の配管システム上、熱伝導計算を実施する必要がある。
水輸送配管として考えられる計算には、

1. 一次元定常熱伝導計算。
2. 一次元非定常熱伝導計算。

がある。

一次元定常熱伝導計算は、時間による温度変化がない熱伝導、所謂

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = 0 \quad \text{を言う。ここで、} T : \text{温度、} \tau : \text{時間}$$

例としては、時間による温度変化のない一定温度の管内流体と一定の外気温との温度差による管外表面温度(又は、保温材外表面)を求める場合がある。

1. 結露するかどうかの判定計算。

などがこれに当たる。

また、一次元非定常熱伝導計算は、時間による温度変化がある熱伝導、所謂

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} \neq 0 \quad \text{を言う。ここで、} T : \text{温度、} \tau : \text{時間}$$

例としては、

1. 特定時間経過後の熱伝導計算。
2. 特定距離到達後の熱伝導計算。
3. 凍結するまでの時間計算。

などがある。

本書では、フーリエの法則 と ニュートンの冷却則

$$\frac{Q}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad \frac{Q}{A} = h(T_w - T_\infty)$$

Q:熱流量、 A:面積
κ:熱伝導率、T:温度
X:距離、 h:熱伝達率
$T_w - T_\infty$:温度差

を基礎式として、これらの計算式を明確にすることにより、配管設計の一助となることを目的に作成したものである。

目 次

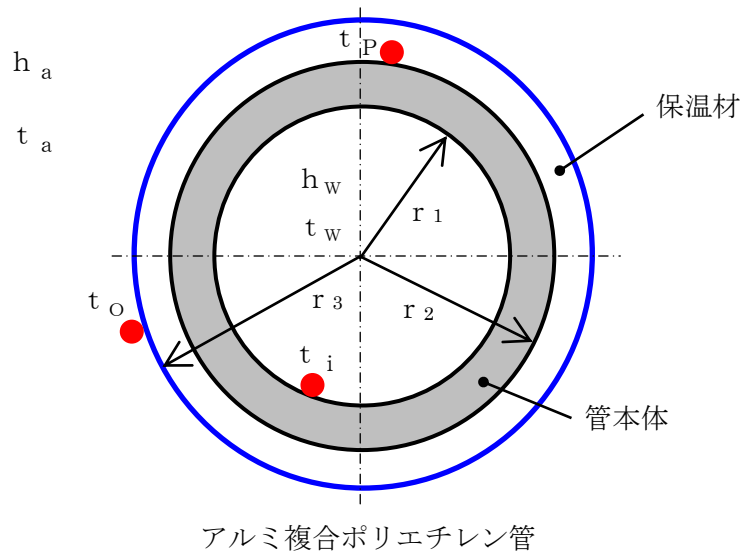
1. 一次元定常熱伝導計算	1
1.1 結露するかどうかの判定計算	1
(管／保温材 外表面温度算出)	
1.2 計算例－1	6
2. 一次元非定常熱伝導計算	7
2.1 特定距離(L)到達後の熱伝導計算	7
2.2 計算例－2	9
2.3 特定時間(τ)経過後の熱伝導計算	10
2.4 計算例－3	12
2.5 凍結するまでの時間計算	13
2.6 計算例－4	15
3. 参考資料	16
3.1 防露のための必要保温材厚さ算出表	17
3.2 凍結時間算出表	25
3.3 アルミ複合ポリエチレン管寸法表	28

1. 一次元定常熱伝導計算

1.1 結露するかどうかの判定計算（管／保温材 外表面温度算出）

(1) 管または保温材の外表面温度 (t_o) 算出式

フーリエの法則（熱伝導）とニュートンの冷却則（熱伝達）から、下記の式により算出する。



$$Q = \frac{t_w - t_a}{R} = h_a \times 2\pi r_3 \times (t_o - t_a)$$

上式を変形して、

$$t_o = \frac{t_w - t_a}{R \times h_a \times 2\pi r_3} + t_a$$

$$R = \frac{1}{h_w \times 2\pi r_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi\kappa_p} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi\kappa_h} + \frac{1}{h_a \times 2\pi r_3}$$

- ここで、
- Q : 熱流量 (W/m)
 - R : 熱抵抗 (m·K/W)
 - t_w : 管内水温度 (°C=K)
 - t_a : 外気温 (°C)
 - t_i : 管内面温度 (°C)
 - t_p : 管外面温度 (°C)
 - t_o : 保温材外表面温度 (°C)
 - h_a : 外気との熱伝達率 {W/(m²·K)}
 - h_w : 管内水との熱伝達率 {W/(m²·K)}
- {小さい値で無視することができる。
... JIS A 9501:2006 (保温保冷工事施工標準)}
- k_p : 管の熱伝導率 {W/(m·K)}
 - k_h : 保温材の熱伝導率 {W/(m·K)}
- (JIS A 9501:2006 の解説による、
“熱伝導率算出参考式”を使用する方法もある。)
- r_1 : 管内半径 (m)
 - r_2 : 管外半径 = 保温材内半径 (m)
 - r_3 : 保温材外半径 (m)
 - ln : 自然対数 (自然指数eを底とする)

(2) 露点温度の計算

露点温度とは、結露が発生する温度のことであり、JIS Z 8806:2001(湿度－測定方法)に準拠し、下記の式により算出する。

① 水の飽和蒸気圧(e_w)の計算

SONNTAGの式による。(適応範囲 $-100^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$)

$$\ln(e_w) = -6096.9385T^{-1} + 21.2409642 \\ - 2.711193 \times 10^{-2}T + 1.673952 \times 10^{-5}T^2 \\ + 2.433502 \ln(T)$$

ここで、 e_w : 絶対温度 T における水の飽和蒸気圧 (Pa)

T : 絶対温度(ケルビン) = 外気温 t_a ($^{\circ}\text{C}$) + 273.15

② 水蒸気圧(e)の計算

$$RH = \frac{e}{e_w} \times 100$$

$$= \frac{\text{湿潤空気の水蒸気圧 (Pa)}}{\text{その温度における水飽和水蒸気圧 (Pa)}} \times 100$$

ここで、RH : 相対湿度 (%)

③ 露点温度 (t_d) を求める計算

$$y = \ln\left(\frac{e}{611.213}\right)$$

$y \geq 0$ の場合

$$t_d = 13.715y + 8.4262 \times 10^{-1}y^2 + 1.9048 \times 10^{-2}y^3 + 7.8158 \times 10^{-3}y^4$$

$y < 0$ の場合

$$t_d = 13.7204y + 7.36631 \times 10^{-1}y^2 + 3.32136 \times 10^{-2}y^3 + 7.78591 \times 10^{-4}y^4$$

ここで、 e : 湿潤空気の水蒸気圧 (Pa)
 (=露点温度における飽和水蒸気圧)
 t_d : 露点温度 (°C)

(3) 結露の有無の判定

下記の場合、結露が発生する。

・保温材がある場合、 $t_d \geq t_o$

・保温材がない場合、 $t_d \geq t_p$

ここで、 t_d : 露点温度 (°C) 、 t_o : 保温材外表面温度 (°C)
 t_p : 管外面温度 (°C)

※ 参考に、露点温度表を次頁に示す。

アルミ複合ポリエチレン管協会 技術資料

温度	露点温度表							
	※ 露点温度＝結露が発生する温度。							
	湿度（相対湿度）							
	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
5.0							1.8	3.5
6.0							2.8	4.5
7.0						1.9	3.8	5.5
8.0						2.9	4.8	6.5
9.0					1.6	3.8	5.7	7.4
10.0					2.6	4.8	6.7	8.4
11.0					3.5	5.7	7.7	9.4
12.0				1.9	4.5	6.7	8.7	10.4
13.0				2.8	5.4	7.7	9.6	11.4
14.0				3.7	6.4	8.6	10.6	12.4
15.0			1.5	4.7	7.3	9.6	11.6	13.4
16.0			2.4	5.6	8.2	10.5	12.6	14.4
17.0			3.3	6.5	9.2	11.5	13.5	15.3
18.0			4.2	7.4	10.1	12.4	14.5	16.3
19.0		1.0	5.1	8.4	11.1	13.4	15.5	17.3
20.0		1.9	6.0	9.3	12.0	14.4	16.4	18.3
21.0		2.8	6.9	10.2	12.9	15.3	17.4	19.3
22.0		3.6	7.8	11.0	13.9	16.3	18.4	20.3
23.0		4.5	8.7	12.0	14.8	17.2	19.4	21.3
24.0		5.4	9.6	12.9	15.8	18.2	20.3	22.3
25.0	0.5	6.2	10.5	13.9	16.7	19.1	21.3	23.2
26.0	1.3	7.1	11.4	14.8	17.6	20.1	22.3	24.2
27.0	2.1	8.0	12.3	15.7	18.6	21.1	23.3	25.2
28.0	3.0	8.8	13.2	16.6	19.5	22.0	24.2	26.2
29.0	3.8	9.7	14.0	17.5	20.4	23.0	25.2	27.2
30.0	4.6	10.5	14.9	18.4	21.4	23.9	26.2	28.2
31.0	5.4	11.4	15.8	19.4	22.3	24.9	27.1	29.2
32.0	6.2	12.3	16.7	20.3	23.3	25.8	28.1	30.2
33.0	7.1	13.1	17.6	21.2	24.2	26.8	29.1	31.1
34.0	7.9	14.0	18.5	22.1	25.1	27.8	30.1	32.1
35.0	8.7	14.8	19.4	23.0	26.1	28.7	31.0	33.1
36.0	9.5	15.7	20.3	23.9	27.0	29.7	32.0	34.1
37.0	10.3	16.6	21.2	24.9	27.9	30.6	33.0	35.1
38.0	11.2	17.4	22.1	25.8	28.9	31.6	33.9	36.1
39.0	12.0	18.3	22.9	26.7	29.8	32.5	34.9	37.1
40.0	12.8	19.1	23.8	27.6	30.7	33.5	35.9	38.0

1.2 計算例－1

(1) 計算条件

呼び径	保温材厚 (mm)	管内半径 r_1 (m)	管外半径 r_2 (m)	保温材外半径 r_3 (m)	外気温 t_a (°C)	相対湿度 RH (°C)
13	5.0	0.006	0.008	0.013	35	70

管内水 温度 t_w (°C)	管の 熱伝導率 K_p {W/(m·K)}	保温材 (発砲ポリエチレン)の 熱伝導率 K_h {W/(m·K)}	管内水との 熱伝達率 h_w {W/(m ² ·K)}	外気との 熱伝達率 h_a {W/(m ² ·K)}
15	0.4	0.035	3500	8

(2) 計算結果

熱抵抗 R (m·K/W)	保温材 外表面温度 t_0 (°C)	水の 飽和水蒸気圧 e_w (Pa)	湿潤空気の 水蒸気圧 e (Pa)	露点温度 t_d (°C)
3.8601	27.07	5629.20	3940.44	28.70

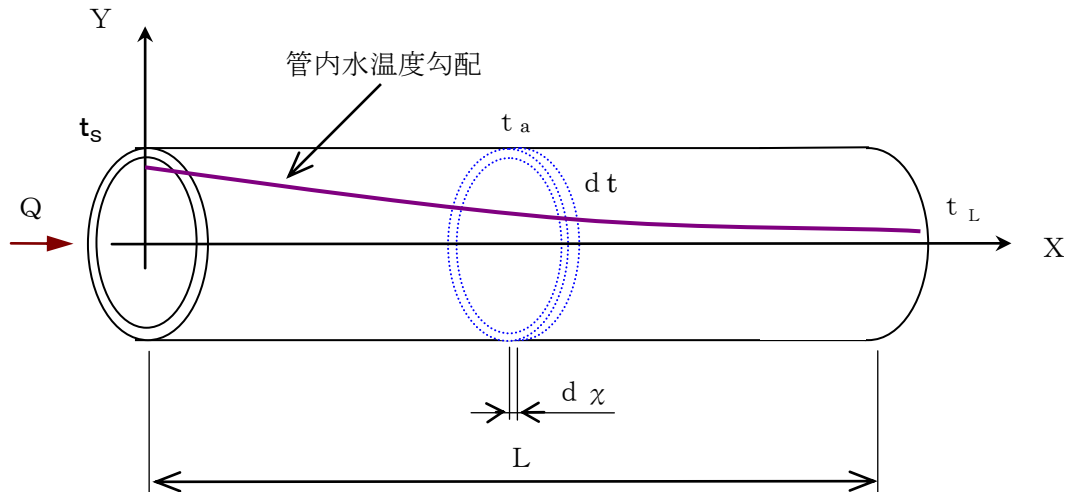
判定	
結露する	$t_d > t_0$

※ “必要保温材厚さの算出表” を参考資料に記載する。

2. 一次元非定常熱伝導計算

2.1 特定距離(L)到達後の熱伝導計算

管の微小距離($d\chi$)当りの微小温度変化(dt)における熱量の流入・流出と、その部分の外気との熱伝導(フーリエの法則・ニュートンの冷却則)の関係から、到達距離(L)まで積分すると下記の温度降下計算式を得る。

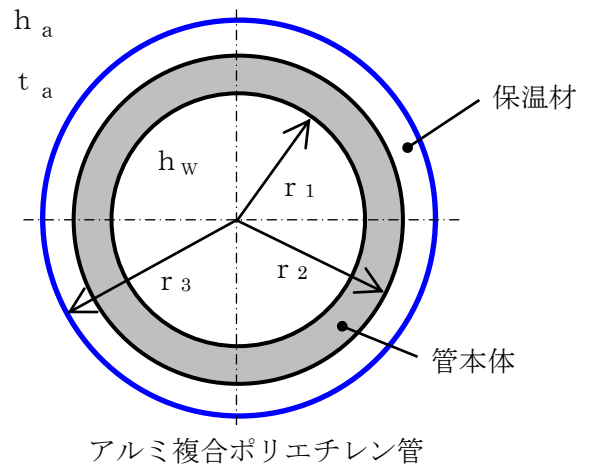


$$\frac{t_L - t_a}{t_s - t_a} = e^{-\frac{3.6 \times U}{W} L}$$

上式を変形して、

$$t_L = e^{-\frac{3.6 \times U}{W} L} \times (t_s - t_a) + t_a$$

$$W = \rho \cdot Q \cdot C$$



$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_w \times 2\pi r_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi\kappa_p} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi\kappa_h} + \frac{1}{h_a \times 2\pi r_3}}$$

ここで、 L : 到達距離 (m)

U : 単位長さ当たりの熱貫流率 {W/(m・K)}

W : 管内水1時間当りの輸送熱量 {kJ/(hr・K)}

t_L : L(m)到達後の管内水温度 (°C)

t_a : 外気温 (°C)

t_s : 管内水入口温度 (°C)

ρ : 水の密度 = 通常 1000 kg/m³ として計算する。

(参考) 表-1

水温 (°C)	水の密度 ρ (kg/m ³)		水温 (°C)	水の密度 ρ (kg/m ³)
0	999.84		50	988.05
10	999.70		60	983.21
20	998.20		70	977.78
30	995.65		80	971.80
40	992.21		90	965.32

C : 水の比熱 = 4.18kJ/(kg・K)

Q : 流量 (m³/hr)

h_a : 外気との熱伝達率 {W/(m²・K)}

h_w : 管内水との熱伝達率 {W/(m²・K)}

(小さい値で無視することができる。・・・ JIS A 9501:2006)

κ_P : 管の熱伝導率 {W/(m・K)}

κ_h : 保温材の熱伝導率 {W/(m・K)}

(JIS A 9501:2006 の解説による、“熱伝導率算出参考式”
を使用する方法もある。)

r₁ : 管内半径 (m)

r₂ : 管外半径 = 保温材内半径 (m)

r₃ : 保温材外半径 (m)

ln : 自然対数 (自然指数eを底とする)

2.2 計算例-2

(1) 計算条件

呼び径	保温材厚 (mm)	管 内半径 r_1 (m)	管 外半径 r_2 (m)	保温材 外半径 r_3 (m)	計算距離 (m)	外気温 t_a (°C)	管内水 入口温度 t_s (°C)
13	5.0	0.006	0.008	0.013	10.0	5	60

流量 (ℓ/min)	管の 熱伝導率 K_p {W/(m·K)}	保温材 (発砲ポリエチレン) の熱伝導率 K_h {W/(m·K)}	管内水との 熱伝達率 h_w {W/(m ² ·K)}	外気との 熱伝達率 h_a {W/(m ² ·K)}
5.0	0.4	0.035	3500	12

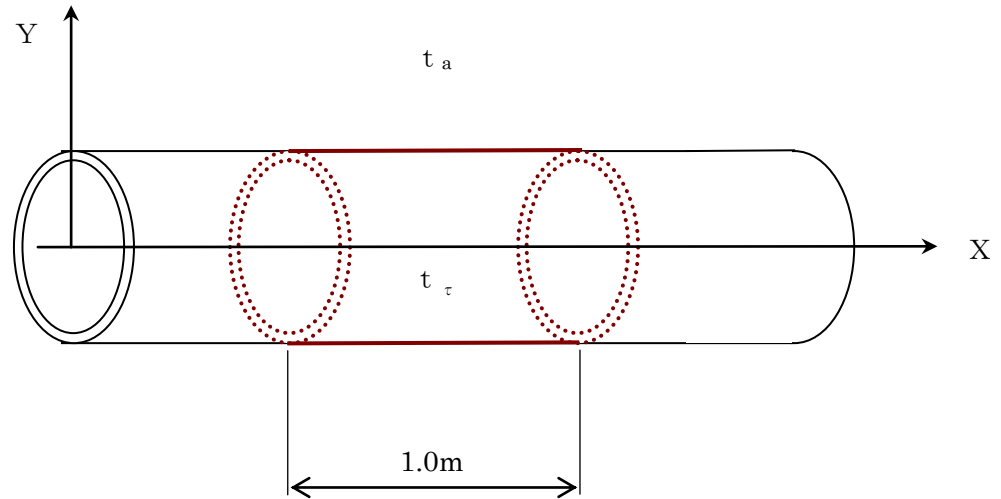
(2) 計算結果

熱貫流率 U {W/(m·K)}	輸送熱量 W {kJ/(hr·K)}	L(m)到達後の 管内水温度 t_L (°C)	温度降下 $t_s - t_L$ (°C)
0.2985	1255.81	59.53	0.47

2.3 特定時間(τ)経過後の熱伝導計算

管内水静止後から時間(τ)経過後の管内水温度は、管長 1.0m当りの微小温度変化(dt)による熱容量と、その部分の微小時間(dτ)内での外気との熱伝導(フーリエの法則・ニュートンの冷却則)の関係から、経過時間(τ)まで積分すると下記の温度降下計算式を得る。

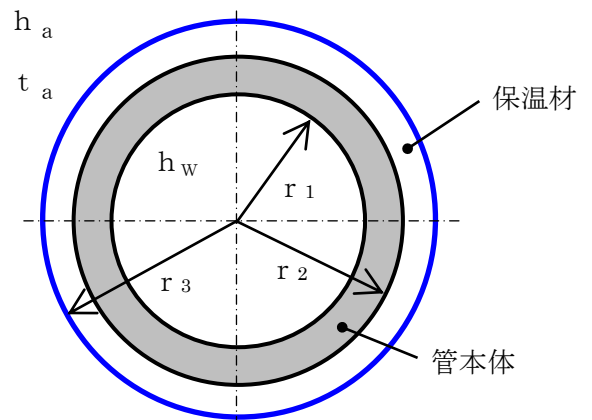
この場合、管内水の他に管及び保温材の熱容量も考慮する。



$$\frac{t_{\tau} - t_a}{t_s - t_a} = e^{-\frac{3.6 \times U}{q} \tau}$$

上式を変形して、

$$t_{\tau} = e^{-\frac{3.6 \times U}{q} \tau} \times (t_s - t_a) + t_a$$



アルミ複合ポリエチレン管

$$q = C_1 \cdot w_1 + C_2 \cdot w_2 + C_3 \cdot w_3$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_w \times 2\pi r_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi\kappa_p} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi\kappa_h} + \frac{1}{h_a \times 2\pi r_3}}$$

- ここで、 τ : 経過時間 (hr)
- U : 単位長さ当たりの熱貫流率 {W/(m・K)}
- q : 管1m 当りの熱容量 (kJ/K)
- t_τ : τ (hr) 経過後の管内水温度 (°C)
- t_a : 外気温 (°C)
- t_s : 管内水初期温度 (°C)
- C_1 : 水の比熱 = 4.18kJ/(kg・K)
- C_2 : 管の比熱 {kJ/(kg・K)}
- C_3 : 保温材の比熱 {kJ/(kg・K)}
- w_1 : 管1m 当りの水の質重 (kg/m)
- w_2 : 管1m 当りの管の質重 (kg/m)
- w_3 : 管1m 当りの保温材の質量 (kg/m)
- h_a : 外気との熱伝達率 {W/(m²・K)}
- h_w : 管内水との熱伝達率 {W/(m²・K)}
(小さい値で無視することができる。・・・ JIS A 9501:2006)
- κ_p : 管の熱伝導率 {W/(m・K)}
- κ_h : 保温材の熱伝導率 {W/(m・K)}
(JIS A 9501:2006 の解説による、
“熱伝導率算出参考式” を使用する方法もある。)
- r_1 : 管内半径 (m)
- r_2 : 管外半径 = 保温材内半径 (m)
- r_3 : 保温材外半径 (m)
- \ln : 自然対数 (自然指数 e を底とする)

2.4 計算例-3

(1) 計算条件

呼び径	保温材厚 (mm)	管 内半径 r_1 (m)	管 外半径 r_2 (m)	保温材 外半径 r_3 (m)	経過時間 (分)	外気温 t_a (°C)	管内水 入口温度 t_s (°C)
13	10.0	0.006	0.008	0.018	30.0	20	60

管の 熱伝導率 K_p {W/(m·K)}	保温材 (発砲ポリエチレン) の熱伝導率 K_h {W/(m·K)}	管内水との 熱伝達率 h_w {W/(m ² ·K)}	外気との 熱伝達率 h_a {W/(m ² ·K)}	管の 比熱 C_2 {kJ/(kg·K)}	保温材の 比熱 C_3 {kJ/(kg·K)}
0.4	0.035	3500	12	1.09	2.30

(2) 計算結果

熱貫流率 U {W/(m·K)}	管1m 当りの 熱容量 q (kJ/K)	τ (hr)経過後の 管内水温度 t_r (°C)	温度降下 $t_s - t_r$ (°C)
0.2200	0.6443	41.64	18.36

2.5 凍結するまでの時間計算

通水が停止して凍結するまでの時間(t_f)を、2.3の特定時間経過(τ)後の熱伝導計算式と水の凝固熱から算出する凍結凝固時間(t_c)から求める。

ただし、JIS A 9501:2006 では、管の熱伝導及び保温材の外気との熱伝達及び熱容量を考慮していないが、本書では樹脂主体であるアルミ複合ポリエチレン管の熱抵抗が金属管などに比べ著しく大きいこと、保温材の材質は発泡ポリエチレンが主であることから、上述の項目を考慮することとした。

(1) 通水停止から凍結開始温度到達までの時間(τ)

2.3の特定時間経過(τ)後の熱伝導計算式により求める。

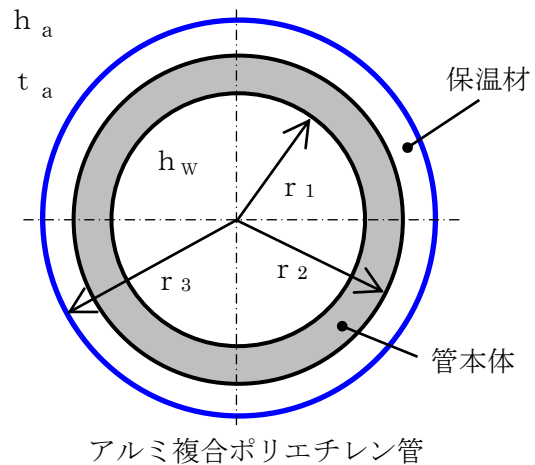
この場合、 τ は通水停止から凍結開始温度到達までの時間(hr)となり、一般的には 0°C で凍結が始まるが、塩素を含んだ水道水などは凝固点降下を考慮することもできる。(たとえば、 -4°C)

$$\frac{t_{\tau} - t_a}{t_s - t_a} = e^{-\frac{3.6 \times U}{q} \tau}$$

上式を変形して、

$$\tau = -\frac{q}{3.6 \times U} \times \ln\left(\frac{t_{\tau} - t_a}{t_s - t_a}\right)$$

$$q = C_1 \cdot w_1 + C_2 \cdot w_2 + C_3 \cdot w_3$$



(2) 凍結開始から凝固するまでの時間(τ_c)

水の凝固熱(q_w)より、下式により求める。

$$\tau_c = \frac{F}{100} \times \frac{0.28 \times w_{ice} \cdot q_w}{U(t_\tau - t_a)}$$

ここで、 τ_c : 凍結開始から凝固するまでの時間 (hr)

U : 単位長さ当たりの熱貫流率 {W/(m·K)}

q_w : 水の凝固熱 = 334 kJ/kg

t_τ : 凍結開始温度 (°C)

t_a : 外気温 (°C)

w_{ice} : 管1m 当りの水の質重 (kg/m)

$$w_{ice} = \pi r_1^2 \cdot \rho_{ice}$$

ρ_{ice} : 0°Cにおける氷の密度 = 920kg/m³ とする。

(JIS A 9501:2006 による。)

r_1 : 管内半径 (m)

F : 凍結度

(完全凍結の場合は100、半凍結の場合は50、1/4 凍結は25)

(3) 通水停止から凍結凝固するまでの時間(τ_f)

$$\tau_f = \tau + \tau_c$$

ここで、 τ_f : 通水停止から凍結凝固するまでの時間 (hr)

τ : 通水停止から凍結開始温度到達までの時間 (hr)

τ_c : 凍結開始から凝固するまでの時間 (hr)

2.6 計算例－4

(1) 計算条件

呼び径	保温材厚 (mm)	管内半径 r_1 (m)	管外半径 r_2 (m)	保温材外半径 r_3 (m)	外気温 t_a (°C)	管内水入口温度 t_s (°C)	凍結開始温度 t_f (°C)	水の凝固熱 (kJ/kg)	凍結度
10	10.0	0.005	0.007	0.017	-10	5	0	334.0	50

管の熱伝導率 K_p {W/(m·K)}	保温材 (発砲ポリエチレン) の熱伝導率 K_h {W/(m·K)}	管内水との熱伝達率 h_w {W/(m ² ·K)}	外気との熱伝達率 h_a {W/(m ² ·K)}	管の比熱 C_2 {kJ/(kg·K)}	保温材の比熱 C_3 {kJ/(kg·K)}
0.4	0.035	考慮せず。	12	1.09	2.30

(2) 計算結果

熱貫流率 U {W/(m·K)}	管1m当りの熱容量 q (kJ/K)	通水停止から凍結開始温度到達までの時間 τ (hr)	凍結開始から凝固するまでの時間 (凍結度=50) τ_c (hr)	通水停止から凍結凝固するまでの時間 τ_f (hr)
0.2021	0.4840	0.27 (16.2分)	1.66 (99.4分)	1.93 (115.6分)

※ “凍結時間算出表” を参考資料に記載する。

3. 参 考 資 料

3.1 防露のための必要保温材厚さ算出表

結露しないための必要な保温材厚みを下記の条件で算出した。

計算条件	管内水温度	保温材の熱伝導率	外気との熱伝達率
	(°C)	(W/m・K)	(W/m ² ・K)
	5°C 及び 10°C	0.035	8

管内水温度=5°C / 一般管

(1) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 10×2.0 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
外気温(°C)									
20	5	5	5	5	10	10	10	15	20
25	5	5	5	10	10	10	15	20	25
30	5	5	10	10	10	15	15	20	30
35	5	10	10	10	15	15	20	25	35
40	10	10	10	10	15	15	20	25	35

(2) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 13×2.0 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
外気温(°C)									
20	5	5	5	5	10	10	10	15	20
25	5	5	5	10	10	10	15	20	25
30	5	5	10	10	10	15	15	20	30
35	5	10	10	10	15	15	20	25	35
40	10	10	10	15	15	15	20	25	35

※ 上表の保温材厚さは 5mm 厚から 45mm 厚まで、5mm 単位で算出しているが、実際に販売されている製品厚さとは必ずしも一致していない。

管内水温度=5℃／ 一般管

(3) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 16×2.25 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(℃)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	5	5	5	5	10	10	10	15	25
25	5	5	5	10	10	10	15	20	30
30	5	10	10	10	10	15	20	25	30
35	5	10	10	10	15	15	20	25	35
40	10	10	10	15	15	20	20	30	40

(4) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 20×2.5 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(℃)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	5	5	5	5	10	10	15	15	25
25	5	5	5	10	10	15	15	20	30
30	5	10	10	10	10	15	20	25	35
35	10	10	10	10	15	15	20	25	40
40	10	10	10	15	15	20	25	30	40

(5) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 25×3.0 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(℃)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	5	5	5	5	10	10	15	15	25
25	5	5	10	10	10	15	15	20	30
30	5	10	10	10	15	15	20	25	35
35	10	10	10	10	15	15	20	30	40
40	10	10	10	15	15	20	25	30	45

※ 上表の保温材厚さは5mm厚から45mm厚まで、5mm単位で算出しているが、実際に販売されている製品厚さとは必ずしも一致していない。

管内水温度=10°C / 一般管

(1) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 10×2.0 必要保温材厚み (mm)

外気温(°C) \ 相対湿度(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	5	5	5	5	5	10	10	15
25	5	5	5	5	5	10	10	15	20
30	5	5	5	10	10	10	15	20	25
35	5	5	10	10	10	15	15	20	30
40	5	10	10	10	15	15	20	25	30

(2) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 13×2.0 必要保温材厚み (mm)

外気温(°C) \ 相対湿度(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	5	5	5	5	5	10	10	15
25	5	5	5	5	5	10	10	15	20
30	5	5	5	10	10	10	15	20	25
35	5	5	10	10	10	15	15	20	30
40	5	10	10	10	15	15	20	25	35

(3) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 16×2.25 必要保温材厚み (mm)

外気温(°C) \ 相対湿度(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	5	5	5	5	5	10	10	15
25	5	5	5	5	10	10	10	15	20
30	5	5	5	10	10	10	15	20	25
35	5	5	10	10	10	15	15	20	30
40	5	10	10	10	15	15	20	25	35

※ 上表の保温材厚さは5mm厚から45mm厚まで、5mm単位で算出しているが、実際に販売されている製品厚さとは必ずしも一致していない。

管内水温度=10°C / 一般管

(4) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 20×2.5 必要保温材厚み (mm)

外気温(°C) \ 相対湿度(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	5	5	5	5	5	10	10	15
25	5	5	5	5	5	10	10	15	20
30	5	5	5	10	10	10	15	20	30
35	5	5	10	10	10	15	20	25	35
40	5	10	10	10	15	15	20	25	35

(5) 一般管 (Type R、Type X 共) 呼び径 25×3.0 必要保温材厚み (mm)

外気温(°C) \ 相対湿度(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	5	5	5	5	5	10	10	20
25	5	5	5	5	10	10	15	15	25
30	5	5	5	10	10	15	15	20	30
35	5	10	10	10	10	15	20	25	35
40	10	10	10	10	15	15	20	25	40

※ 上表の保温材厚さは5mm厚から45mm厚まで、5mm単位で算出しているが、実際に販売されている製品厚さとは必ずしも一致していない。

管内水温度=5℃ / 特厚管

(1) 特厚管 (Type X) 呼び径 10 (外径 14) 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(℃)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	5	5	5	5	10	10	10	15	20
25	5	5	5	10	10	10	15	20	25
30	5	5	10	10	10	15	15	20	30
35	5	10	10	10	15	15	20	25	35
40	10	10	10	10	15	15	20	25	35

(2) 特厚管 (Type X) 呼び径 13 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(℃)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	5	5	5	5	10	10	10	15	20
25	5	5	5	10	10	10	15	20	25
30	5	5	10	10	10	15	15	20	30
35	5	10	10	10	15	15	20	25	35
40	10	10	10	15	15	15	20	25	40

(3) 特厚管 (Type X) 呼び径 16 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(℃)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	5	5	5	5	10	10	10	15	25
25	5	5	5	10	10	10	15	20	30
30	5	5	10	10	10	15	20	25	30
35	10	10	10	10	15	15	20	25	35
40	10	10	10	15	15	20	20	30	40

※ 上表の保温材厚さは 5mm 厚から 45mm 厚まで、5mm 単位で算出しているが、実際に販売されている製品厚さとは必ずしも一致していない。

管内水温度=5℃ / 特厚管

(4) 特厚管 (Type X) 呼び径 20 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(℃)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	5	5	5	5	10	10	15	15	25
25	5	5	5	10	10	15	15	20	30
30	5	10	10	10	10	15	20	25	35
35	10	10	10	10	15	15	20	25	40
40	10	10	10	15	15	20	25	30	40

(5) 特厚管 (Type X) 呼び径 25 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(℃)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	5	5	5	5	10	10	15	15	25
25	5	5	5	10	10	15	15	20	30
30	5	10	10	10	15	15	20	25	35
35	10	10	10	10	15	15	20	30	40
40	10	10	10	15	15	20	25	30	45

※ 上表の保温材厚さは5mm厚から45mm厚まで、5mm単位で算出しているが、実際に販売されている製品厚さとは必ずしも一致していない。

管内水温度=10°C / 特厚管

(1) 特厚管 (Type X) 呼び径 10 (外径 14) 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(°C)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	5	5	5	5	5	10	10	15
25	5	5	5	5	5	10	10	15	20
30	5	5	5	10	10	10	15	20	25
35	5	5	10	10	10	15	15	20	30
40	5	10	10	10	15	15	20	25	30

(2) 特厚管 (Type X) 呼び径 13 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(°C)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	5	5	5	5	5	10	10	15
25	5	5	5	5	10	10	10	15	20
30	5	5	5	10	10	10	15	20	25
35	5	5	10	10	10	15	15	20	30
40	5	10	10	10	15	15	20	25	35

(3) 特厚管 (Type X) 呼び径 16 必要保温材厚み (mm)

相対湿度(%) 外気温(°C)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	0	5	5	5	5	10	10	15
25	5	5	5	5	10	10	10	15	20
30	5	5	5	10	10	10	15	20	25
35	5	5	10	10	10	15	15	20	30
40	5	10	10	10	15	15	20	25	35

※ 上表の保温材厚さは 5mm 厚から 45mm 厚まで、5mm 単位で算出しているが、実際に販売されている製品厚さとは必ずしも一致していない。

管内水温度=10°C / 特厚管

(4) 特厚管 (Type X) 呼び径 20 必要保温材厚み (mm)

外気温(°C) \ 相対湿度(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	0	5	5	5	5	10	10	15
25	5	5	5	5	10	10	10	15	25
30	5	5	5	10	10	10	15	20	30
35	5	5	10	10	10	15	20	25	35
40	5	10	10	10	15	15	20	25	35

(5) 特厚管 (Type X) 呼び径 25 必要保温材厚み (mm)

外気温(°C) \ 相対湿度(%)	50	55	60	65	70	75	80	85	90
20	0	0	5	5	5	5	10	10	20
25	5	5	5	5	10	10	15	15	25
30	5	5	5	10	10	15	15	20	30
35	5	5	10	10	10	15	20	25	35
40	5	10	10	10	15	15	20	25	40

※ 上表の保温材厚さは5mm厚から45mm厚まで、5mm単位で算出しているが、実際に販売されている製品厚さとは必ずしも一致していない。

3.2 凍結時間算出表

下記の条件で、管内水が凍結するまでの時間を算出した。

計算条件	外気温	管内水温度	凍結開始温度
	(°C)	(°C)	(°C)
	-15°C、-10°C、-5°C	5	0

計算条件	凍結度	保温材の熱伝導率	外気との熱伝達率
		(W/m・K)	(W/m ² ・K)
	25、50、100	0.035	12

外気温 = -15°C

(1) 一般管 (Type R、Type X 共) 凍結時間 (hr)

呼び径×管厚 保温材厚 凍結度	5 mm			10 mm			20 mm		
	25	50	100	25	50	100	25	50	100
10×2.0	0.5	1.0	1.8	0.7	1.3	2.4	1.1	1.8	3.3
13×2.0	0.7	1.2	2.3	1.0	1.7	3.2	1.4	2.4	4.4
16×2.25	1.0	1.7	3.3	1.4	2.4	4.5	2.0	3.5	6.4
20×2.5	1.4	2.4	4.5	1.9	3.4	6.4	2.8	5.0	9.3
25×3.0	1.9	3.4	6.3	2.7	4.8	9.1	4.1	7.2	13.4

外気温 = -15°C

(2) 特厚管 (Type X) 凍結時間 (hr)

保温材厚 凍結度 呼び径	5 mm			10 mm			20 mm		
	25	50	100	25	50	100	25	50	100
10 (外径 14)	0.5	0.9	1.7	0.7	1.3	2.3	1.1	1.8	3.2
13	0.6	1.1	2.1	0.9	1.6	2.9	1.3	2.2	4.1
16	0.9	1.5	2.8	1.2	2.1	3.9	1.7	3.0	5.5
20	1.1	2.0	3.7	1.6	2.8	5.2	2.4	4.1	7.5
25	1.5	2.7	5.1	2.2	3.9	7.3	3.3	5.8	10.7

外気温 = -10°C

(1) 一般管 (Type R、Type X 共) 凍結時間 (hr)

保温材厚 凍結度 呼び径 × 管厚	5 mm			10 mm			20 mm		
	25	50	100	25	50	100	25	50	100
10 × 2.0	0.8	1.4	2.7	1.1	1.9	3.6	1.6	2.7	5.0
13 × 2.0	1.0	1.8	3.5	1.4	2.5	4.7	2.0	3.6	6.6
16 × 2.25	1.4	2.6	4.9	2.0	3.6	6.7	2.9	5.2	9.6
20 × 2.5	2.0	3.6	6.8	2.9	5.1	9.6	4.2	7.4	13.9
25 × 3.0	2.8	5.0	9.4	4.0	7.2	13.5	6.0	10.7	20.1

(2) 特厚管 (Type X) 凍結時間 (hr)

保温材厚 凍結度 呼び径	5 mm			10 mm			20 mm		
	25	50	100	25	50	100	25	50	100
10 (外径 14)	0.8	1.4	2.6	1.1	1.9	3.5	1.6	2.6	4.8
13	1.0	1.7	3.1	1.3	2.3	4.3	1.9	3.3	6.1
16	1.3	2.2	4.2	1.8	3.1	5.8	2.6	4.5	8.2
20	1.7	2.9	5.5	2.4	4.2	7.8	3.5	6.1	11.3
25	2.3	4.0	7.6	3.3	5.8	10.8	4.9	8.6	16.0

外気温 = -5°C

(1) 一般管 (Type R、Type X 共) 凍結時間 (hr)

保温材厚 凍結度 呼び径 × 管厚	5 mm			10 mm			20 mm		
	25	50	100	25	50	100	25	50	100
10 × 2.0	1.6	2.8	5.3	2.1	3.8	7.1	3.0	5.3	9.8
13 × 2.0	2.0	3.6	6.8	2.8	4.9	9.3	3.9	7.0	13.0
16 × 2.25	2.8	5.1	9.6	3.9	7.1	13.4	5.7	10.1	19.0
20 × 2.5	3.9	7.1	13.5	5.5	10.0	19.0	8.1	14.6	27.6
25 × 3.0	5.4	9.8	18.7	7.8	14.1	26.8	11.6	21.0	39.7

(2) 特厚管 (Type X) 凍結時間 (hr)

保温材厚 凍結度 呼び径	5 mm			10 mm			20 mm		
	25	50	100	25	50	100	25	50	100
10 (外径 14)	1.5	2.7	5.1	2.1	3.7	6.9	3.0	5.2	9.5
13	1.9	3.3	6.2	2.6	4.5	8.5	3.7	6.4	11.9
16	2.4	4.4	8.2	3.4	6.1	11.4	4.9	8.7	16.3
20	3.2	5.8	10.9	4.5	8.1	15.3	6.7	11.9	22.3
25	4.4	7.9	15.0	6.3	11.4	21.4	9.4	16.8	31.7

3.3 アルミ複合ポリエチレン管寸法表

(1) 一般管(Type R、Type X共通) 寸法表

呼び径	外径	管厚	標準管長 [※]		参考内径	参考重量
			(コイル)	(直管)		
	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(mm)	(kg/m)
10	14.0	2.00	100	4.0	10.00	0.10
13	16.0	2.00			12.00	0.15
16	20.0	2.00			16.00	0.15
		2.20			15.60	0.20
		2.25			15.50	0.20
		2.50			15.00	0.20
20	25.0	2.50			50	20.00
	26.0	3.00	20.00	0.30		
25	32.0	3.00	25	26.00	0.35	

※ 管長は標準長さであり、必要に応じて変更することが可能である。

(2) 特厚管(Type X) 寸法表

呼び径	総外径	ベースパイプ ^{※1}		標準管長 ^{※2}		参考内径	参考重量
		外径	管厚	(コイル)	(直管)		
	(mm)	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(mm)	(kg/m)
10	14.0	13.35	1.75	100	4.0	9.85	0.10
	15.0	14.00	2.00			10.00	0.10
13	17.0	16.00	2.20			11.60	0.15
16	21.0	20.00	2.80			14.40	0.20
20	26.0	25.00	3.50	50	18.00	0.30	
25	33.0	32.00	4.40	25	23.20	0.50	

※1 ベースパイプとは内層管で、呼び径 10 を除いて、“ISO 15875 / DIN 16893(架橋ポリエチレン管規格)” に準拠している。

※2 管長は標準長さであり、必要に応じて変更することが可能である。

アルミ複合ポリエチレン管協会 正会員名簿

アロン化成株式会社

管材事業部 営業開発グループ

〒105-0003 東京都港区西新橋二丁目8番6号

電話番号 03-3502-1449

ホームページ <http://www.aronkasei.co.jp/>

株式会社 三栄水栓製作所

管工機材部 PM課

〒136-0071 東京都江東区亀戸2丁目7番4号

電話番号 03-3683-7231

ホームページ <http://www.san-ei-web.co.jp>

ジョージフィッシャー株式会社

〒103-0004 東京都中央区東日本橋2丁目8番3号（東日本橋グリーンビル8F）

電話番号 03-3861-7741

ホームページ <http://www.georgfischer.jp>

タイフレックス株式会社

〒578-0901 大阪府東大阪市加納3丁目12番33号

電話番号 072-963-5717

ホームページ <http://taiflex.net>

株式会社 テクノフレックス

〒104-0042 東京都台東区蔵前1丁目5番1号

電話番号 03-5822-3281

ホームページ <http://www.technoflex.co.jp>

株式会社 ハタノ製作所

営業部

〒584-0023 大阪府富田林市若松町東2丁目33 富田林企業団地

電話番号 0721-25-6338

ホームページ <http://hatano-s.com/>

アルミ複合ポリエチレン管協会基準
アルミ複合ポリエチレン管の熱伝導計算
MLPA D010-2012
2012年3月22日 制定

