

ヒーター容量選定のための計算資料

・ヒーター容量の求め方

ヒーター容量は以下の関係式より求めます。

$$\text{ヒーター容量}(kW) = [(Q_1): \text{被加熱物の昇温に必要な熱量}] + [(Q_2): \text{運転時温度の熱ロス}]$$

1. $[(Q_1): \text{被加熱物の昇温に必要な熱量}]$ の求め方。

被加熱物に供給しなければならない総熱量は $V \times \rho \times C_p \times T$ であるから、
単位時間 (1s) 当たりには供給しなければならない熱量 ($J/s = W$) で表せば
以下ようになる。

1) 被加熱物が固体および静止流体(貯留状態)の場合。

$$Q_1 = \frac{V \times \rho \times C_p \times \Delta T}{t} \quad [kW] \cdots -1$$

2) 被加熱物が流動流体(流れている状態)の場合。

$$Q_1 = q \times \rho \times C_p \times \Delta T \quad [kW] \cdots -2$$

- 1 式, - 2 式の記号説明

V : 被加熱物体の体積 [m^3]

ρ : 密度 [kg/m^3]

C_p : 比熱 [$kJ/(kg K)$ or $kJ/(kg \quad)$]

ΔT : 昇温温度 []

t : 昇温に要する時間(秒表示) [s]

q : 被加熱物体の1秒間に流れる体積 [m^3/s]

注 : 被加熱物体の熱的性質[物性値]は、当社の技術情報(Web で公開中)を参照して下さい。

2. $[(Q_2): \text{運転時温度の熱ロス}]$ の求め方。

被加熱物からの熱ロスは、以下の関係式より求めます。

$$Q_2 = [\text{単位表面積の熱ロス } Q_{2A} (W/cm^2) \times \text{放熱面積 } A (cm^2)] \times (1/1000) \quad [kW] \cdots$$

被加熱物からの熱ロスは、被加熱物表面の条件により求めます。

各種条件の単位面積 [cm^2] あたりの熱ロス (Q_{2A}) は、損失資料 (ヒーター簡単計算ソフト Hcal で公開中) のグラフを使用します。

1. ヒーター容量算出の計算例(1) ...[被加熱物が静止流体の場合]...

1. 設問

被加熱物(水), $0.125(m^3)$ (125l)がステンレス(SUS304)製の容器に貯留されている。
ステンレス(SUS304)製容器の構造は以下の寸法とする。

ステンレス(SUS304)製容器の寸法 板厚: $5(mm)$ 底板および天板: $0.5(m) \times 0.5(m)$ 容器高さ: $0.6(m)$

ステンレス(SUS304)製容器の外周は、全て厚さ $50(mm)$ のグラスウールの断熱材を設けて、
大気温度 $20()$ に設置されている。

上記で構成された装置で被加熱物(水)を $20()$ から $80()$ に $1800(sec)$ の所要時間で加熱する。
上記装置に設置するヒーター容量を算出せよ。

2. 解

設問の被加熱物は静止流体(貯留状態)のため、解は - 1 式, 式で求めます。

1) 計算入力データ。

被加熱物体の水, ステンレス(SUS304)の容器および熱ロスの計算入力データを表 1 に示します。

表 1: 計算入力データ

No.	項目	計算入力値		
		被加熱物(水)	容器(SUS304)	熱ロス
1	体積: $V [m^3]$	0.125	0.0085	
2	密度: $\rho [kg/m^3]$	~ 1000 注1	~ 7920 注2	
3	比熱: $C_p [kJ/(kg \cdot)]$	~ 4.2 注1	~ 0.5 注2	
4	昇温温度: $\Delta T []$	60[20 80]		
5	昇温所要時間: $t [s]$	1800[30 min]		
6	容器外表面積: $A [cm^2]$		~ 17000	
7	設問の熱ロス: $Q_{2A} [W/cm^2]$			0.01 注3

注 1, 注 2: 各種物質の熱的性質を参照。注 3: 損失資料(ヒーター簡単計算ソフト Hcal で公開中)のグラフを使用。

2) ヒーター容量の計算。

熱量は、表 1 の計算データを基に以下のように計算します。

(1) 被加熱物(水)の加熱量の計算。

以下に示す - 1 式で計算します。

$$Q_1 = \frac{V \times \rho \times C_p \times \Delta T}{t} = \frac{0.125 \times 1000 \times 4.2 \times 60}{1800} = 17.5 [kW] \dots - 1$$

(2) 容器(SUS304)の加熱量の計算。

以下に示す - 1 式で計算します。

$$Q_1 = \frac{V \times \rho \times C_p \times \Delta T}{t} = \frac{0.0085 \times 7920 \times 0.5 \times 60}{1800} = 1.1 [kW] \dots - 2$$

(3) 熱ロスの計算。

以下に示す 式で計算します。

$$Q_2 = Q_{2A} \times A \times (1/1000) = 0.01 \times 17000 \times (1/1000) = 0.17 [kW] \dots - 3$$

(4) 熱量計算結果のまとめ。

- 1 式 ~ - 3 式の結果を表 2 に示します。

表 2: 熱量の計算結果

No.	熱量の計算式 [- 1 式, 式]	熱量の計算値[kW]		
		被加熱物(水)	容器(SUS304)	熱ロス
1	$Q_1 = \frac{V \times \rho \times C_p \times \Delta T}{t} [kW]$ - 1 式	17.5 (100%)	1.1 (6%)	
2	$Q_2 = Q_{2A} \times A \times (1/1000) [kW]$ 式			0.17 (0.9%)

注 4: 熱量の計算値の()内数値は、被加熱物(水)の値に対する比を示します。

(5) ヒーター容量の選定。

ヒーター容量は、被加熱物(水)の熱量を 1.2 倍した以下の - 4 式で選定して下さい。

$\text{ヒーター容量} = \text{被加物(水)の熱量} \times 1.2 \dots - 4$

注 5: - 4 式の係数 1.2 について。

1.2 の数値は下記のことを考慮した安全係数です。

- ・ 被加熱物(水)を貯留する容器および熱ロスの熱量は、被加熱物(水)の熱量の 10%以下です。[表 2 参照]
- ・ ヒーターの設置状況[被加熱物とヒーターとの位置,伝熱構造,周辺温度等]により,伝熱効率が変化します。

設問のヒーター容量は、- 4 式で計算すると以下の - 5 式の値となります。

$\text{ヒーター容量} = 17.5 \times 1.2 = 21.0 [kW] \dots - 5$

2. ヒーター容量算出の計算例(2) ...[被加熱物が流動流体の場合]...

1. 設問

被加熱物(水)がステンレス(SUS304)製の円管内を $0.0001(m^3/s)$ ($360l/h$) で流れている。
 ヒーターは、ステンレス円管内に設置され、被加熱物(水)と接触して加熱する構造である。
 ヒーターの長さは、ステンレス(SUS304)円管の長さと同じとする。
 ステンレス(SUS304)円管の構造は以下の寸法とする。

ステンレス(SUS304)円管の寸法
板厚： $5(mm)$
円管の内径： $0.25(m)$
円管の長さ： $1.0(m)$ (ヒーター長さと同一)

ステンレス(SUS304)円管の外周は、全て厚さ $50(mm)$ のグラスウールの断熱材を設けて、
 大気温度 $20()$ に設置されている。

上記で構成された装置で被加熱物(水)を $20()$ から $80()$ に加熱する。

上記装置に設置するヒーター容量を算出せよ。

2. 解

設問の被加熱物は流動流体のため、解は - 1 式, - 2 式, 式で求めます。

1) 計算入力データ。

被加熱物体の水、ステンレス(SUS304)の円管および熱ロスの計算入力データを表 3 に示します。

表 3: 計算入力データ

No.	項目	計算入力値		
		被加熱物(水)	円管(SUS304)	熱ロス
1	被加熱物の流量： $q [m^3/s]$	0.0001		
2	円管内断面積： $A_p [m^2]$	~0.05		
3	被加熱物体の円管内流速： $v [m/s]$	~0.002		
4	体積： $V [m^3]$		~0.004	
5	密度： $\rho [kg/m^3]$	~1000 注1	~7920 注2	
6	比熱： $C_p [kJ/(kg)]$	~4.2 注1	~0.5 注2	
7	管内昇温温度： $\Delta T []$	60[20	80]	
8	被加熱物の円管通過の所要時間： $t [s]$	500 注6		
9	容器外表面積： $A [cm^2]$		~7850	
10	設問の熱ロス： $Q_{2A} [W/cm^2]$			0.01 注3

注 1, 注 2: 各種物質の熱的性質を参照。注 3: 損失資料(ヒーター簡単計算ソフト Hcal で公開中)のグラフを使用。

注 6: 被加熱物(水)がステンレス(SUS304)円管長さ(1m)内を通過する所要時間を示します。

所要時間 t は以下の計算式で求めます。

$$t = (\text{円管長さ: } 1m) / (\text{被加熱物体の円管内流速: } v) = 1/0.002 = 500 [s]$$

2) ヒーター容量の計算。

熱量は、表 3 の計算データを基に以下のように計算します。

(1) 被加熱物(水)の加熱量の計算。

以下に示す - 2 式で計算します。

$$Q_1 = q \times \rho \times C_p \times \Delta T = 0.0001 \times 1000 \times 4.2 \times 60 = 25.2 [kW] \quad \dots - 1$$

(2) 円管(SUS304)の加熱量の計算。

以下に示す - 1 式で計算します。

$$Q_1 = \frac{V \times \rho \times C_p \times \Delta T}{t} = \frac{0.004 \times 7920 \times 0.5 \times 60}{500} = 1.9 [kW] \quad \dots - 2$$

(3) 熱ロスの計算。

以下に示す 式で計算します。

$$Q_2 = Q_{2A} \times A \times (1/1000) = 0.01 \times 7850 \times (1/1000) = 0.08 [kW] \quad \dots - 3$$

(4) 熱量計算結果のまとめ。

- 1 式 ~ - 3 式の結果を表 4 に示します。

表 4: 熱量の計算結果

No.	熱量の計算式 [- 1 式, - 2 式, 式]	熱量の計算値[kW]		
		被加熱物(水)	円管(SUS304)	熱ロス
1	$Q_1 = q \times \rho \times C_p \times \Delta T$ [kW] - 2 式	25.2 (100%)		
2	$Q_1 = \frac{V \times \rho \times C_p \times \Delta T}{t}$ [kW] - 1 式		1.9 (7.5%)	
3	$Q_2 = Q_{2A} \times A \times (1/1000)$ [kW] 式			0.08 (0.3%)

注 7: 熱量の計算値の()内数値は、被加熱物(水)の値に対する比を示します。

(5) ヒーター容量の選定。

ヒーター容量は、被加熱物(水)の熱量を 1.2 倍した以下の - 4 式で選定して下さい。

$$\text{ヒーター容量} = \text{被加物(水)の熱量} \times 1.2 \quad \dots - 4$$

注 8: - 4 式の係数 1.2 について。

1.2 の数値は下記のことを考慮した安全係数です。

・ 被加熱物(水)の過熱部円管および熱ロスの熱量は、被加熱物(水)の熱量の 10%以下です。[表 4 参照]

・ ヒーターの設置状況[被加熱物とヒーターとの位置,伝熱構造,周辺温度等]により,伝熱効率が変化します。

設問のヒーター容量は、- 4 式で計算すると以下の - 5 式の値となります。

$$\text{ヒーター容量} = 25.2 \times 1.2 = 30.3 [kW] \quad \dots - 5$$