

※ 経済的な保温厚さを算出する ※

【 計算条件 】

内部温度( $\theta_i$ ): 75°C 外気温度( $\theta_a$ ): 20°C 表面熱伝達率( $h_{se}$ ): 12 W/m<sup>2</sup>·K

使用年数( $m$ ): 10年 年利率( $n$ ): 5% 年間使用時間( $t$ ): 6500時間

熱量価格( $b$ ): 6円/1000 W·h 保温厚さ( $d$ )m

保温材の施工価格( $a$ ):

$$[\text{無機多孔質保温材}] = 12 d^K + 300 \text{ 千円/立方メートル} \quad (K=1.11)$$

管径: 200A

保温材の外径( $D_1$ ):  $D_i + 2 \cdot d$

けい酸カルシウム保温板(筒)1号-22

熱伝導率: 0°C ≤  $\theta$  ≤ 300°C 0.0535 + 1.16 × 10<sup>-4</sup> ·  $\theta$  (W/m·K)

熱伝導率: 300°C ≤  $\theta$  ≤ 800°C 0.0612 + 3.38 × 10<sup>-5</sup> ·  $\theta$  + 1.95 × 10<sup>-7</sup> ·  $\theta^2$  (W/m·K)

【 計算過程 】

一年間の総経費 $F$ (円/m<sup>2</sup>)は

$$F = (\text{施工費}) + (\text{放散熱量価格})$$

$$\therefore F = \left\{ \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_i^2) \cdot a \times 10^3 \right\} + \left\{ \frac{b \cdot t \times 2\pi(\theta_i - \theta_a)}{\ln(D_1/D_i) \cdot \lambda + 2/(h_{se} \cdot D_1)} \times 10^{-3} \right\}$$

ここで、施工費( $a \cdot d$ )は年利率( $n_1$ )で $m$ 年後には次式で表される。

$$a \cdot d (1 + n_1)^m$$

また、放散熱量価格は年利率( $n_2$ )で毎年貯金した時の $m$ 年後には次式で表される。

$$\left\{ \frac{b \cdot t \times 2\pi(\theta_i - \theta_a)}{\ln(D_1/D_i) \cdot \lambda + 2/(h_{se} \cdot D_1)} \right\} \times \frac{(1 + n_2)^m - 1}{n_2}$$

$$\therefore F_1 = \left\{ \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_i^2) \cdot a \times 10^3 \right\} \cdot (1 + n_1)^m + \left\{ \frac{b \cdot t \times 2\pi(\theta_i - \theta_a)}{\ln(D_1/D_i) \cdot \lambda + 2/(h_{se} \cdot D_1)} \times 10^{-3} \right\} \times \frac{(1 + n_2)^m - 1}{n_2}$$

$F_1$ において年利 $n_1, n_2$ は異なる値と考えられるが、 $n = n_1 = n_2$ として計算を簡易化する。

両辺を $\left\{ \frac{(1 + n)^m - 1}{n} \right\}$ で割り、施工費に対する償却を償却率として $N$ で表せば次式となる。

$$N = \frac{n(1 + n)^m}{(1 + n)^m - 1}$$

従って、一年間の総経費 $F$ (円/m<sup>2</sup>)は次式となる。

$$\therefore F = \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - D_i^2) \cdot a \cdot N \times 10^3 + \left\{ \frac{b \cdot t \times 2\pi(\theta_i - \theta_a)}{\ln(D_1/D_i) \cdot \lambda + 2/(h_{se} \cdot D_1)} \right\} \times 10^{-3}$$

ここで、 $F$ が最小となるような $d$ が管の場合の経済的な保温厚さである。

$F$ が最小となるような $d$ の値をコンピュータにより算出して行くと

$d = 0.040 \text{ m} = 40 \text{ mm}$ の場合が $F$ の最小値(経済的保温厚さ)となる。

以下  $d = 40 \text{ mm}$ なる場合の伝熱式を記載する。

表面温度を次の様に仮定して保温材の平均熱伝導率( $\lambda_m$ )を求める。

[第1層] 表面温度( $\theta_{se}$ ): 25.3°C

第1層平均熱伝導率  $\lambda_1$

$$\lambda_1 = 1 / (75.0 - 25.3) \cdot \int f(\theta) d\theta \quad f(\theta): 25.3^\circ\text{C} \leq \theta \leq 75.0^\circ\text{C}$$

$$= 0.05932 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

放散熱量( $q_1$ )を求める

$$q_1 = 2\pi(\theta_i - \theta_a) / [2/(h_{se} \cdot D_1) + \sum \{ \ln(D_n/D_{n-1}) / \lambda_n \}] = 58.9 \text{ W/m}$$

表面温度( $\theta_{se}$ )を求める。

$$\theta_{se} = q_1 / h_{se} \cdot D_1 \cdot \pi + \theta_a$$

$$= 25.3^\circ\text{C}$$

よって当初の表面温度の仮定値は正しいと証明される。

【 計算結果 】

表面温度 = 25.3°C

放散熱量 = 58.9 W/m

経済的保温厚さ = 40mm 製品厚さ = 40mm