

1. 前提条件

以下の条件のもとで、暖かい空気が冷たい金属板に接触したときに生じる結露の量を求めます。

- ・ 暖気の温度: t_0 [$^{\circ}$ C]
- ・ 暖気の相対湿度: w_0 [%]
- ・ 暖気の体積: v_0 [m^3]
- ・ 金属板の温度: $t_{20} = 20^{\circ}$ C (一定)

2. 結露の条件

暖気の露点温度 t_d が金属板の温度 t_{20} より高い場合、結露が発生します。

3. 飽和水蒸気圧の計算

飽和水蒸気圧 $e_s(t)$ は、温度 t [$^{\circ}$ C] に対して次の式で近似されます (Tetens の式) :

$$e_s(t) = 6.1078 \times 10^{(7.5t / (237.3 + t))} \text{ [hPa]}$$

4. 空気中の水蒸気分圧と絶対湿度

相対湿度 w_0 [%] の空気の水蒸気分圧 e_0 は次の通り :

$$e_0 = w_0 \times e_s(t_0) / 100$$

絶対湿度 ρ_0 (単位体積あたりの水蒸気量) は以下の通り :

$$\rho_0 = (216.7 \times e_0) / (t_0 + 273.15) \text{ [g/m}^3\text{]}$$

5. 金属板表面温度での飽和水蒸気量

$t_{20} = 20^{\circ}$ C のとき :

$$e_{s20} = e_s(20)$$

$$\rho_{20} = (216.7 \times e_{s20}) / (273.15 + 20) \text{ [g/m}^3\text{]}$$

6. 結露量 (凝縮する水蒸気の質量)

結露が発生する場合 ($\rho_0 > \rho_{20}$)、その質量 Δm [g] は以下の式で表されます :

$$\Delta m = (\rho_0 - \rho_{20}) \times v_0$$

より具体的には：

$$\Delta m = [(216.7 \times w_0 \times e_s(t_0)) / (100 \times (t_0 + 273.15)) - (216.7 \times e_s(20)) / 293.15] \times v_0 \text{ [g]}$$

ただし、 $\rho_0 \leq \rho_{20}$ の場合、 $\Delta m = 0$ （結露は発生しません）

7. 数値を例に計算しますと

計算条件

暖気の温度：35℃

湿度：50%

金属板の温度：20℃

空気の流入量：高さ 300mm、幅 1,800mm、流速 0.5m/sec として、972 m³/時

① 飽和水蒸気圧（35℃）

$$e_s(35^\circ\text{C}) \div 56.2\text{hPa}$$

$$\text{水蒸気分圧 } e_0 = 0.5 \times 56.2 = 28.1\text{hPa}$$

② 暖気の絶対湿度 ρ_0

$$\rho_0 = \{216.7 \times 28.1\} / 308.15 \div 19.77 \text{ g/m}^3$$

③ 金属板（20℃）での飽和水蒸気量 ρ_{20}

$$\text{すでに計算済み： } \rho_{20} \div 17.3 \text{ g/m}^3$$

✅ 結論：結露が発生

$$\Delta \rho = 19.77 - 17.3 = 2.47 \text{ g/m}^3$$

$$\Delta m = 2.47 \times 972 \div \text{約 } 2.4 \text{ kg/h}$$

最大で1時間あたり 2.4kg(約 2.4 ㍓)の結露が発生すると推定できます。

(タマキトラストブレイン ●●●●)

以上