

ドライミストは涼しくなるのか



渋谷スカイランドパークにて

細かい水滴を飛ばす

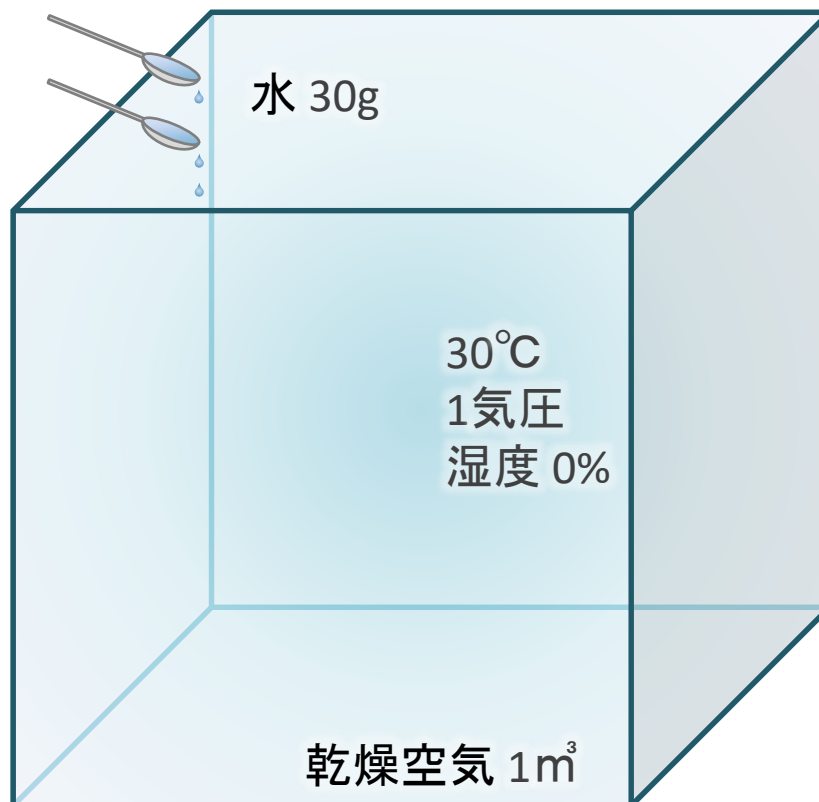


水の気化熱で
どれだけ涼しく
なるのか？

蒸発熱で冷却するモデル

30°Cの乾燥空気を冷やす

1m³の乾燥空気を水の蒸発熱で冷却。
水を最大限蒸発させる。



式

30°Cの乾燥空気を冷やす

水1g蒸発での温度変化

$$\Delta T_1 = -\frac{\Delta H}{c_v(\text{air})\rho}$$

水 y [g]蒸発させたときの温度変化 ΔT

$$\Delta T = -y\frac{\Delta H}{c_v(\text{air})\rho}$$

ΔH : 水の気化熱

$c_v(\text{air})$: 空気の比熱

ρ : 空気の質量密度

$a(t)$: 飽和水蒸気量

最大限蒸発させる

t : 気温(セルシウス度)

T : 温度(絶対温度)

$$t = T - 273.15$$

定数値

30°Cの乾燥空気を冷やす

水1g蒸発での温度変化

$$\Delta T_1 = -\frac{\Delta H}{c_v(\text{air})\rho}$$

水y[g]蒸発させたときの温度変化 ΔT

$$\Delta T = -y\frac{\Delta H}{c_v(\text{air})\rho}$$

$$\begin{aligned}\Delta H &= 2.25 \times 10^3 \text{ [J/g]} \\ c_v(\text{air}) &= 1.0 \times 10^3 \text{ [J/kg K]} \\ \rho &: \text{空気の重さ} \\ a(t) &: \text{飽和水蒸気量}\end{aligned}$$

最大限蒸発させる

1気圧での飽和水蒸気量と密度

t [°C]	a [g/m ³]	ρ [kg/m ³]
40	51.1	1.128
30	30.3	1.165
20	17.2	1.205
10	9.39	1.247
0	4.85	1.293

各サイトで値が違う。
比較して値を選んだ。



参考: (参照日2018年07月24日)

水の気化熱、比熱 [水の話～化学の鉄人小林映章が「水」を斬る！～/『1.2.3 水の注目すべき特性\(2\)－比熱容量、気化熱、融解熱、熱伝導率－』](#)より

空気の比熱 [HAKKO八光電気/Q&Aキット/『各種物質の性質：気体の性質』](#)より

飽和水蒸気量 [JIS Z 8806:2001 湿度-測定方法 - 日本工業規格の簡易閲覧](#)

空気の密度 [『空気』 - Yahoo!辞書](#) 日本大百科全書(ニッポニカ)の解説より

計算結果

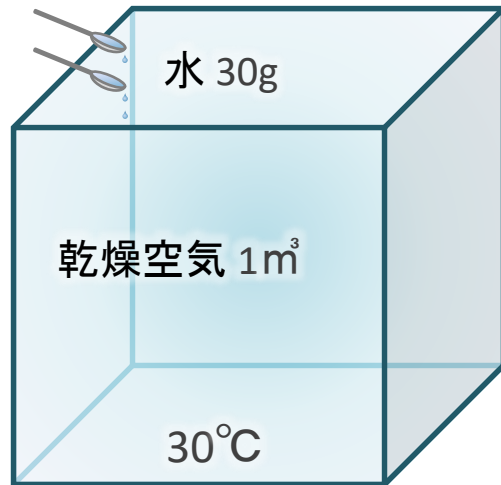
30°Cの乾燥空気を冷やす

水1g蒸発での温度変化

$$\Delta T_1 = -1.9[^\circ\text{C}]$$

水30.3g蒸発させたときの温度変化 ΔT

$$\Delta T = -57.6[^\circ\text{C}]$$



$$\begin{aligned}\Delta H &= 2.25 \times 10^3 \text{ [J/g]} \\ c_v(\text{air}) &= 1.0 \times 10^3 \text{ [J/kg K]} \\ \rho &\approx 1.2 \text{ [kg/m}^3\text{]} \\ a(30^\circ\text{C}) &= 30.3 \times 10^{-3} \text{ [kg/m}^3\text{]}\end{aligned}$$

最大限蒸発させる

1気圧での飽和水蒸気量と密度

$t[^\circ\text{C}]$	$a[\text{g/m}^3]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$
40	51.1	1.128
30	30.3	1.165
20	17.2	1.205
10	9.39	1.247
0	4.85	1.293

計算結果

30°Cの乾燥空気を冷やす

水1g蒸発での温度変化

$$\Delta T_1 = -1.9[^\circ\text{C}]$$

水30.3g蒸発させたときの温度変化 ΔT

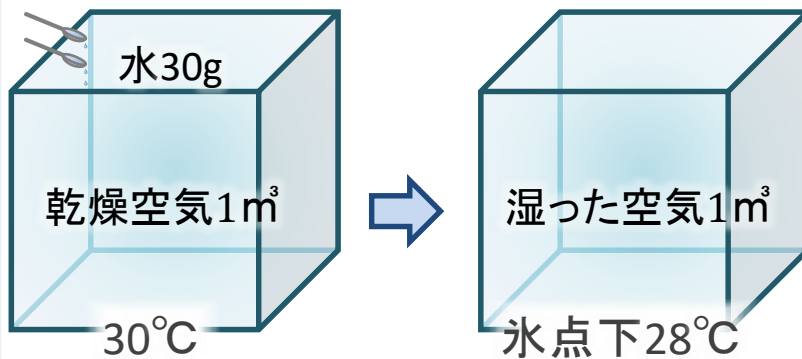
$$\Delta T = -57.6[^\circ\text{C}]$$

$$\begin{aligned}\Delta H &= 2.25 \times 10^3 \text{ [J/g]} \\ c_v(\text{air}) &= 1.0 \times 10^3 \text{ [J/kg K]} \\ \rho &\approx 1.2 \text{ [kg/m}^3\text{]} \\ a(30^\circ\text{C}) &= 30.3 \times 10^{-3} \text{ [kg/m}^3\text{]}\end{aligned}$$

最大限蒸発させる

1気圧での飽和水蒸気量と密度

$t[^\circ\text{C}]$	$a[\text{g/m}^3]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$
40	51.1	1.128
30	30.3	1.165
20	17.2	1.205
10	9.39	1.247
0	4.85	1.293



計算結果

30°Cの乾燥空気を冷やす

水1g蒸発での温度変化

$$\Delta T_1 = -1.9[^\circ\text{C}]$$

水30.3g蒸発させたときの温度変化 ΔT

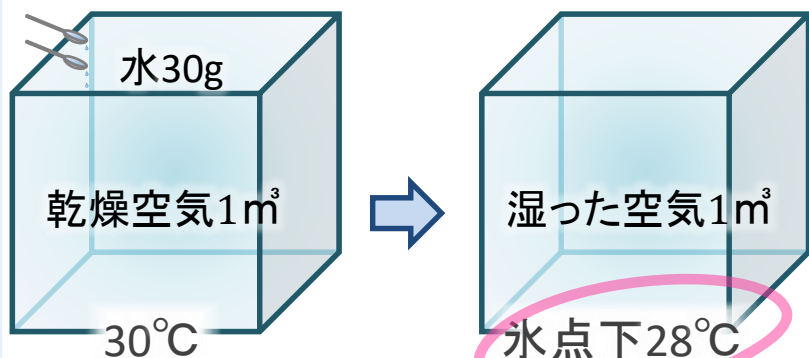
$$\Delta T = -57.6[^\circ\text{C}]$$

$$\begin{aligned}\Delta H &= 2.25 \times 10^3 \text{ [J/g]} \\ c_v(\text{air}) &= 1.0 \times 10^3 \text{ [J/kg K]} \\ \rho &\approx 1.2 \text{ [kg/m}^3\text{]} \\ a(30^\circ\text{C}) &= 30.3 \times 10^{-3} \text{ [kg/m}^3\text{]}\end{aligned}$$

最大限蒸発させる

1気圧での飽和水蒸気量と密度

$t[^\circ\text{C}]$	$a[\text{g/m}^3]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$
40	51.1	1.128
30	30.3	1.165
20	17.2	1.205
10	9.39	1.247
0	4.85	1.293



冷えすぎ!

水蒸気は過飽和状態

計算方法を修正

30°Cの乾燥空気を冷やす

蒸発で気温が下降、飽和水蒸気量 $a(T)$ に達したときに蒸発が止まる。

水1g蒸発での温度変化

$$\Delta T_1 = -1.9[^\circ\text{C}]$$

水 y [g]蒸発させたときの温度変化 ΔT

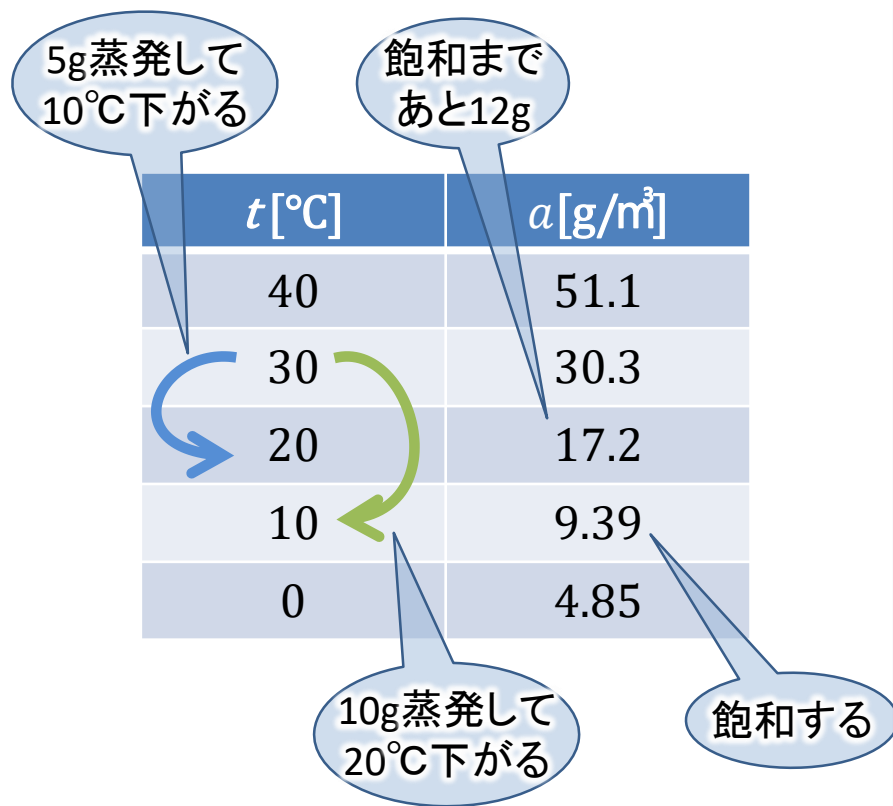
$$\Delta T = -1.9 y$$

温度を ΔT 下げる水分の蒸発量

$$y = -\frac{\Delta T}{1.9}$$

このときちょうど水蒸気が飽和するなら

$$y = a(30 + \Delta T)$$



計算方法を修正

30°Cの乾燥空気を冷やす

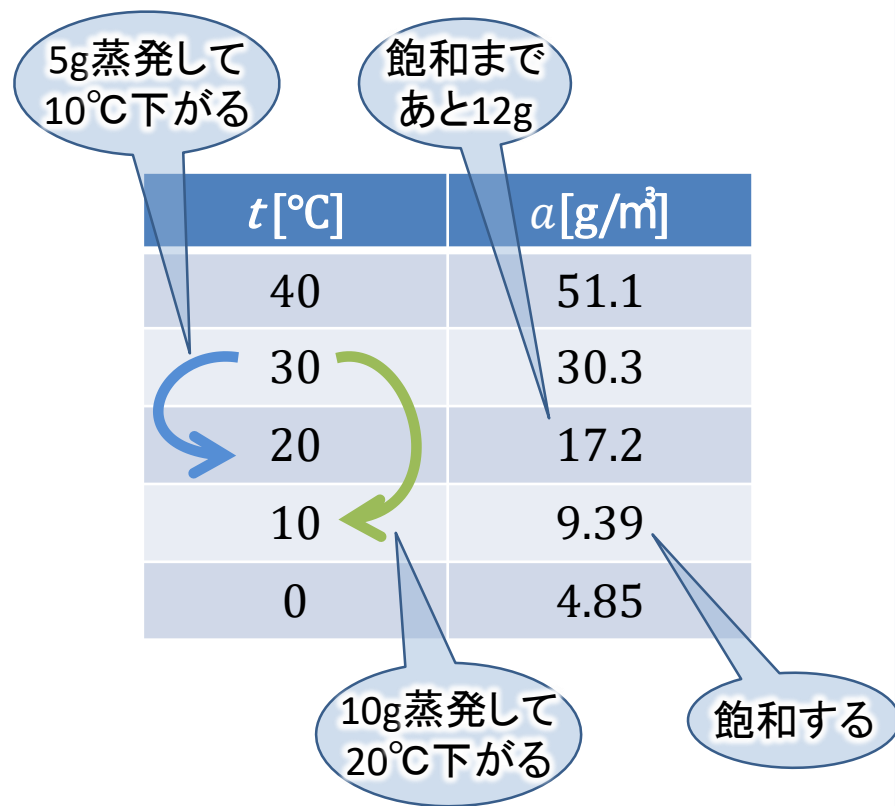
蒸発で気温が下降、飽和水蒸気量 $a(T)$ に達したときに蒸発が止まる。

温度を ΔT 下げる水分の蒸発量

$$y = -\frac{\Delta T}{1.9}$$

このときちょうど水蒸気が飽和するなら

$$y = a(30 + \Delta T)$$



計算方法を修正

30°Cの乾燥空気を冷やす

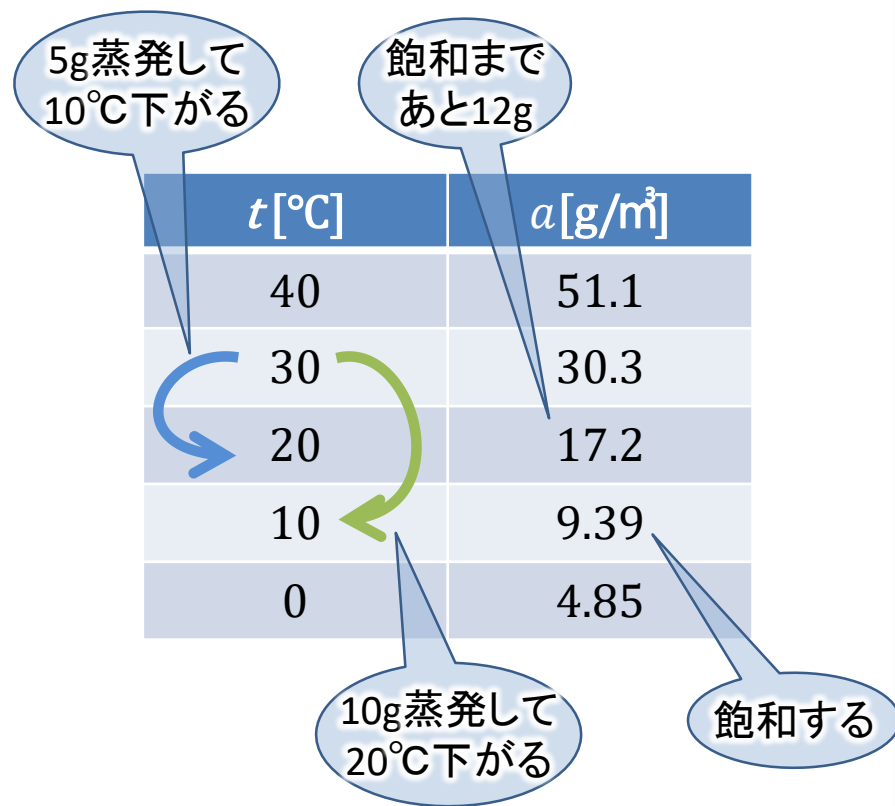
蒸発で気温が下降、飽和水蒸気量 $a(T)$ に達したときに蒸発が止まる。

温度を ΔT 下げる水分の蒸発量

$$y = -\frac{\Delta T}{1.9}$$

このときちょうど水蒸気が飽和するなら

$$y = a(30 + \Delta T)$$



計算方法を修正

30°Cの乾燥空気を冷やす

蒸発で気温が下降、飽和水蒸気量 $a(T)$ に達したときに蒸発が止まる。

温度を ΔT 下げる水分の蒸発量

$$y = -\frac{\Delta T}{1.9}$$

このときちょうど水蒸気が飽和するなら

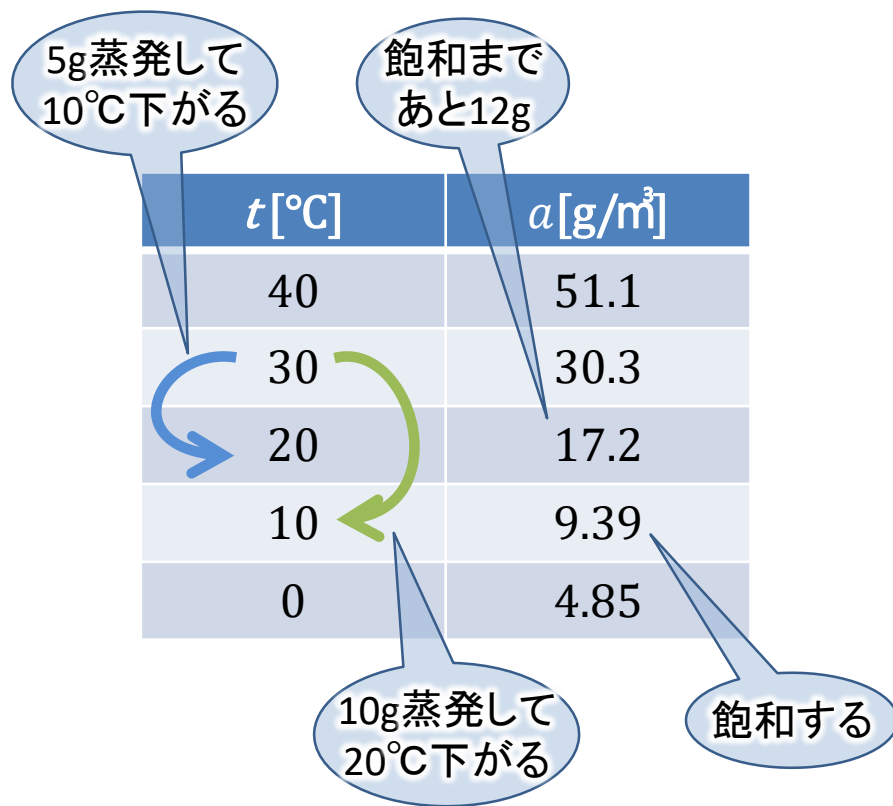
$$y = a(30 + \Delta T)$$

蒸発後の温度 $t \equiv 30 + \Delta T$ とする。

$$y = \frac{1}{1.9} (30 - t), \quad y = a(t)$$

もとの温度

低下後の温度

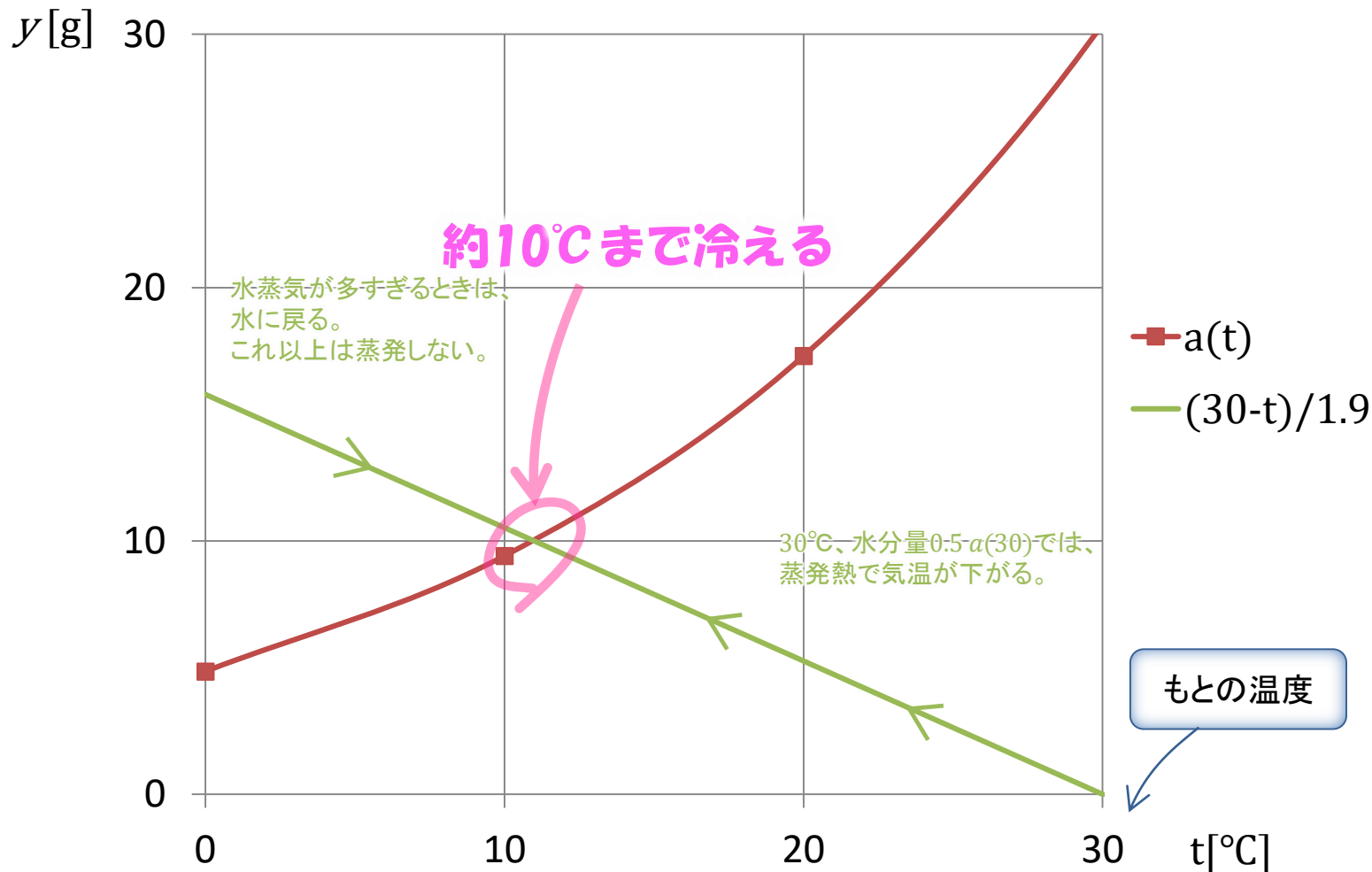


計算結果

30°Cの乾燥空気を冷やす

低下後の温度 t 、空気中の水蒸気量 y

$$y = \frac{1}{1.9}(30 - t), \quad y = a(t)$$

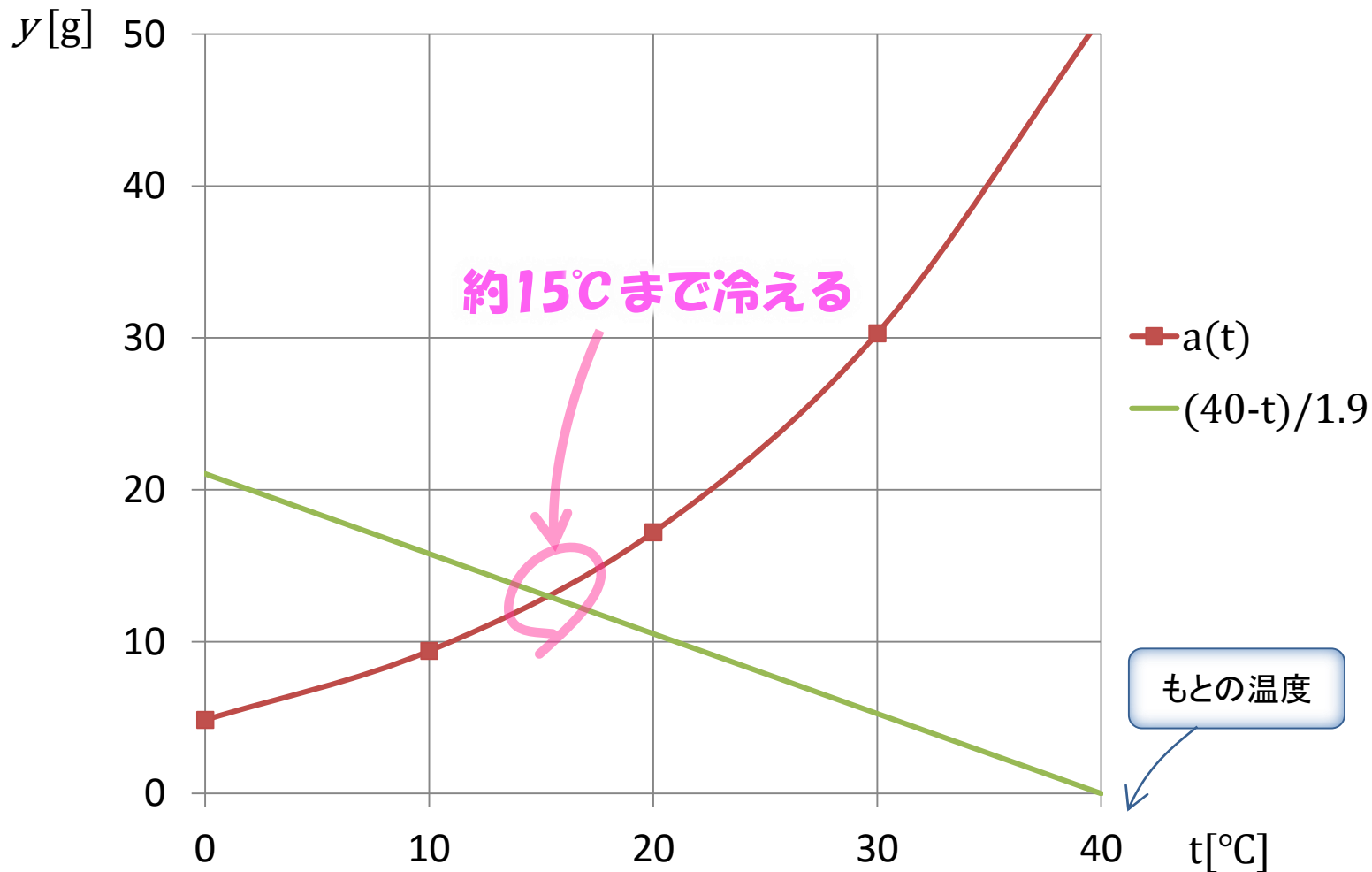


40°Cから冷やすと

40°Cの乾燥空気を冷やす

低下後の温度 t 、空気中の水蒸気量 y

$$y = \frac{1}{1.9}(40 - t), \quad y = a(t)$$



湿度50%の空気を冷やす

30°C湿度50%の空気を冷やす

空気中の水蒸気量 y (30°Cの乾燥空気から蒸発させた場合)

$$y = \frac{1}{1.9} (30 - t), \quad y \leq a(t)$$

蒸発量

最初に50%(15g)の水蒸気が含まれている場合

$$y = \frac{1}{1.9} (30 - t) + 0.50 a(30)$$

蒸発量

もとの水蒸気量

$$y \leq a(t)$$

水分は
飽和水蒸気量より
少ない

1気圧での飽和水蒸気量

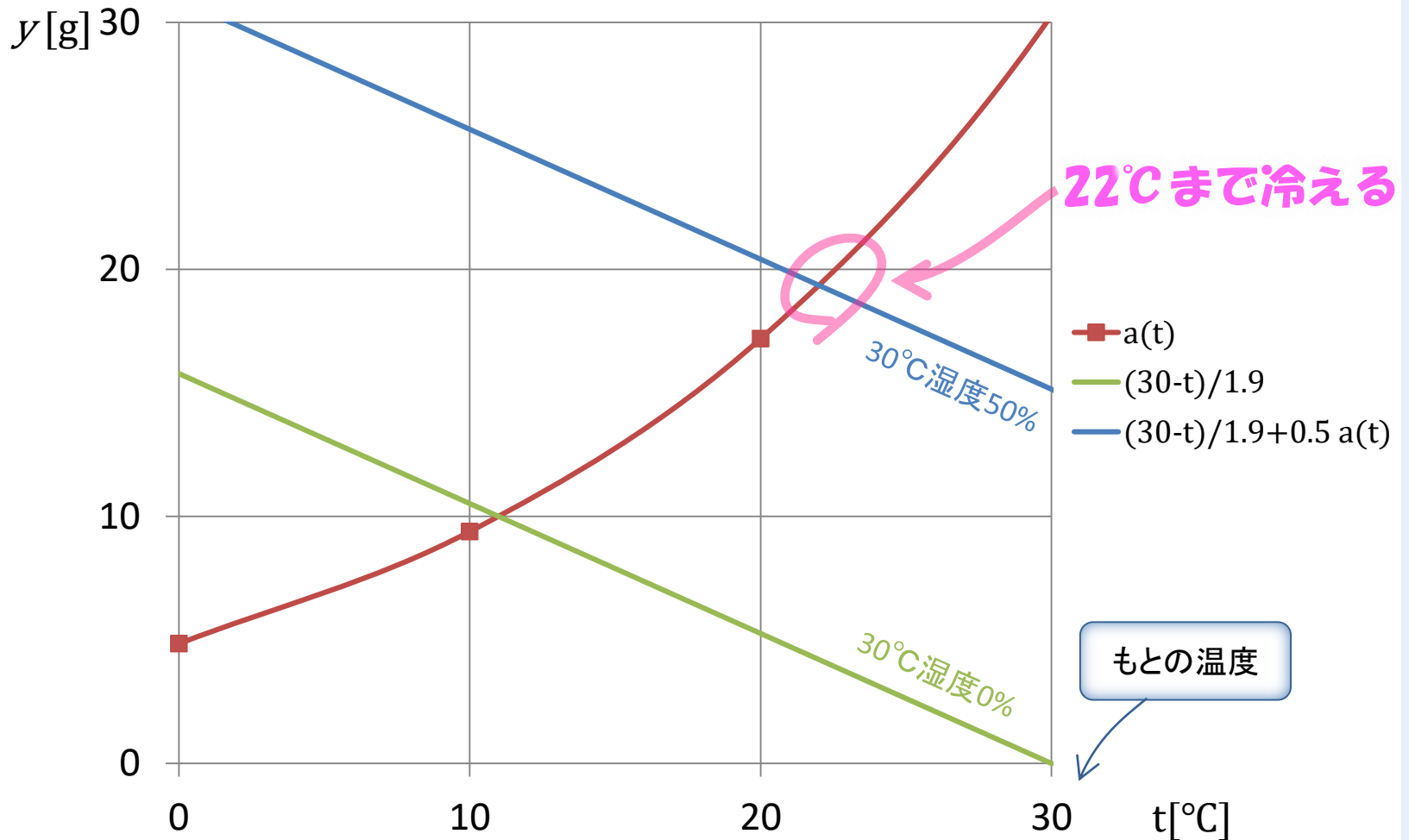
t [°C]	a [g/m ³]
40	51.1
30	30.3
20	17.2
10	9.39
0	4.85

30°Cの空気を冷やす

30°C湿度50%の空気を冷やす

低下後の温度 t 、空気中の水蒸気量 y

$$y = \frac{1}{1.9}(30 - t) + 0.50 a(30) \leq a(t)$$

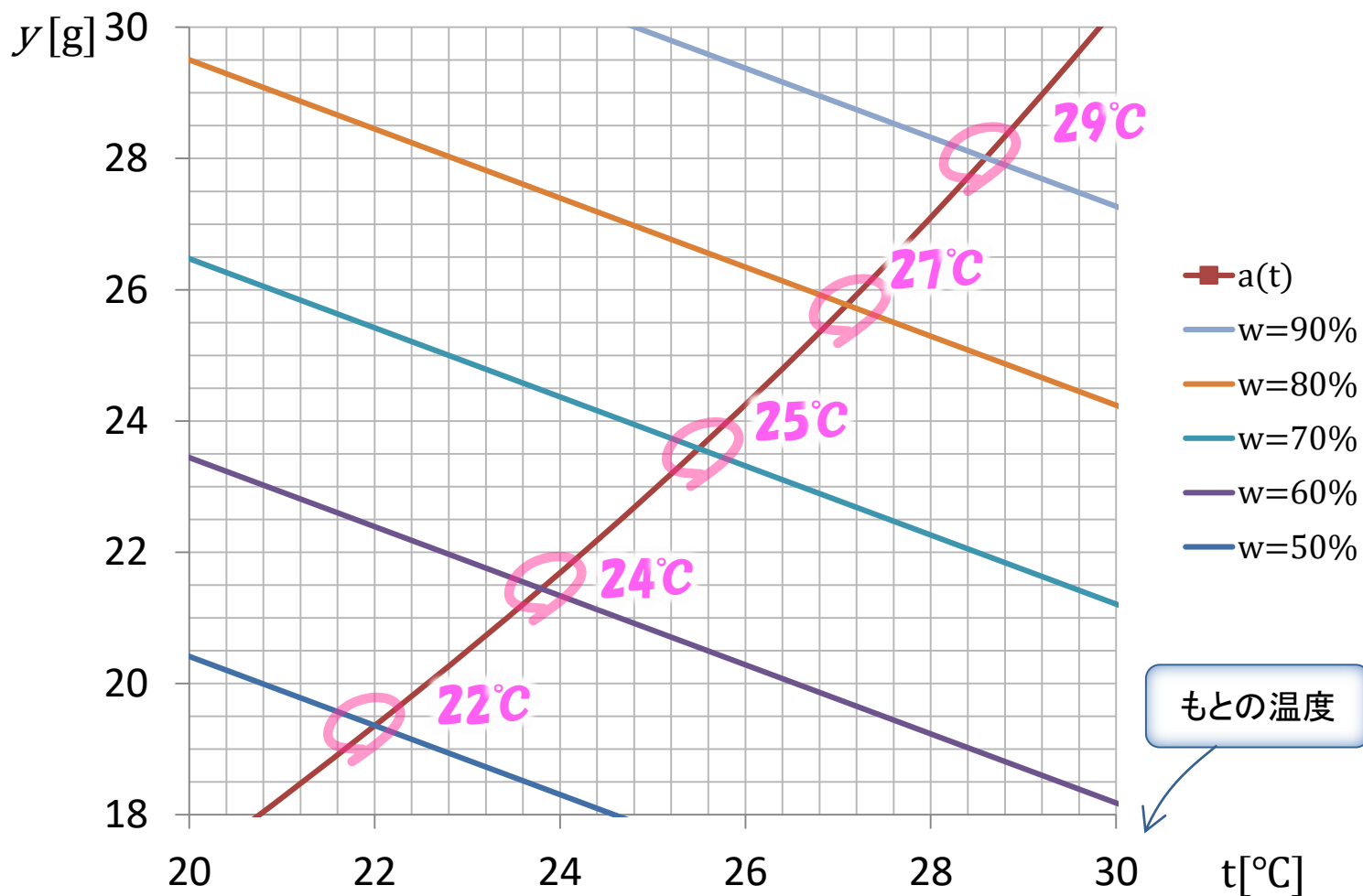


30°Cの空気を冷やす

30°C湿度wの空気を冷やす

低下後の温度 t 、空気中の水蒸気量 y 、湿度 w

$$y = \frac{1}{1.9}(30 - t) + w a(30) \leq a(t)$$



30°Cの空気をミストで冷やすと



渋川スカイランドパークにて

水の気化熱で
どれだけ涼しく
なるのか？

湿度[%]	温度[°C]
90	29
80	27
70	25
60	24
50	22
0	10

日本の夏の湿度

5°Cから8°Cは涼しくなる！

