

## 「熱力学」 第7章 問題解答

### 7-1 ドリル問題

**問題1** 以下に示すヒートポンプと冷凍機に関する説明文の（ ）内に相応しい言葉を入れよ。

外部部から仕事を与えて（ ① ）熱源から（ ② ）熱源に熱を移動させる装置をヒートポンプや冷凍機という。高温熱源への熱の放出を目的とするのが（ ③ ）であり、低温熱源からの熱の吸収を目的とするのが（ ④ ）である。

（答）①低温，②高温，③ヒートポンプ，④冷凍機。

**問題2** 冷房 COP が 5.8 の冷暖房エアコンの暖房 COP はいくつになるか求めよ。ただし、圧縮機における各種損失や熱交換器における圧力損失は無視するものとする（つまり、理想的なサイクルを構成していると仮定する）。

式 7-3 より， $5.8+1=6.8$  （答）

**問題3** 実際に低温熱源から熱を吸収したり，その熱を高温熱源に放出する操作を連続的に行おうとすると，高温になった冷媒を低温に戻す必要がある。高温の冷媒を低温にする方法を2例あげよ。

（答）絞り膨張，可逆断熱膨張

**問題4** 実際の家庭用電気製品の中でヒートポンプ技術が応用されているものを述べよ。

（答）エアコン，給湯機，洗濯乾燥機，冷蔵庫など

### 7-2 ドリル問題

**問題1** 蒸気圧縮冷凍サイクルと吸収冷凍サイクルの特徴（相違点）を述べよ。

低温熱源からの吸熱と高温熱源への放熱が，それぞれ冷媒の蒸発と凝縮により行われることは共通である。相違点があるのは，高温熱源への放熱のための圧力と温度の上昇の過程である。蒸気圧縮冷凍サイクルでは機械的エネルギーにより駆動する圧縮機を用いて昇圧するのに対して，吸収冷凍サイクルではポンプにより昇圧し，熱エネルギーを利用して温度を上昇させる。この点に大きな違いがある。（答）

**問題2** 理想サイクル（逆カルノーサイクル）と実際の蒸気圧縮冷凍サイクルの COP が異なる要

因を述べよ。

実際の蒸気圧縮冷凍サイクルでは、圧縮機や熱交換器において損失が生じるため、その分だけ COP が低下する。(答)

**問題 3** 蒸気圧縮冷凍機の冷媒として使用されてきたフッ素化炭化水素（フルオロカーボン）の変遷を述べよ。

CFC（クロロフルオロカーボン）→ HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）→ HFC（ハイドロフルオロカーボン）（答）

**問題 4** 北海道では、夏場の平均外気温度が 22.5℃、冬場の平均外気温度が-5℃程度である。冬場に室内を 21℃まで暖めることができるカルノーヒートポンプの COP（理論最大 COP）を求めよ。

$$\text{逆カルノーヒートポンプの COP} = \frac{273.15 + 21}{(273.15 + 21) - (273.15 - 5)} = \frac{294.15}{26} = 11.3 \quad (\text{答})$$

**問題 5** 沖縄では夏場の平均外気温度が 28℃、冬場の平均外気温度が 16℃である。夏場に室内を 27℃まで冷やすことのできるカルノー冷凍機の COP を求めよ。また、冬場に室内を 21℃まで暖めることのできるカルノーヒートポンプの COP（理論最大 COP）を求めよ。

$$\text{逆カルノー冷凍機の COP} = \frac{273.15 + 27}{(273.15 + 28) - (273.15 + 27)} = \frac{300.15}{1} = 300 \quad (\text{答})$$

$$\text{逆カルノーヒートポンプの COP} = \frac{273.15 + 21}{(273.15 + 21) - (273.15 + 16)} = \frac{294.15}{5} = 58.8 \quad (\text{答})$$

**問題 6** 夏場の外気温度が 35℃のとき、室内を 27℃、25℃、23℃および 21℃まで冷やすことのできるカルノー冷凍機の COP（理論最大 COP）をそれぞれ求めよ。

$$\begin{aligned} \text{27℃まで冷やすことのできる逆カルノー冷凍機の COP} &= \frac{273.15 + 27}{(273.15 + 35) - (273.15 + 27)} \\ &= \frac{300.15}{8} = 37.5 \quad (\text{答}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{25℃まで冷やすことのできる逆カルノー冷凍機の COP} &= \frac{273.15 + 25}{(273.15 + 35) - (273.15 + 25)} \\ &= \frac{298.15}{10} = 29.8 \quad (\text{答}) \end{aligned}$$

$$23^{\circ}\text{C} \text{まで冷やすことのできる逆カルノー冷凍機の COP} = \frac{273.15 + 23}{(273.15 + 35) - (273.15 + 23)}$$

$$= \frac{296.15}{12} = 24.7 \quad (\text{答})$$

$$21^{\circ}\text{C} \text{まで冷やすことのできる逆カルノー冷凍機の COP} = \frac{273.15 + 21}{(273.15 + 35) - (273.15 + 21)}$$

$$= \frac{294.15}{14} = 21.0 \quad (\text{答})$$

**問題 7** 図 7-11 (あるいは p.240 の付図-1) に示す R134a の  $p-h$  線図を用いて、冬場に暖房運転している同じエアコンの蒸発温度が  $0^{\circ}\text{C}$ 、 $-10^{\circ}\text{C}$  および  $-20^{\circ}\text{C}$  で、凝縮温度が  $40^{\circ}\text{C}$  であるときの COP を求めよ。いずれも、蒸発出口での過熱度および凝縮出口での過冷却度は取らないものとする。

蒸発温度が  $0^{\circ}\text{C}$  の場合、蒸発器出口 (圧縮機入口)、圧縮機出口 (凝縮器入口)、凝縮器出口 (蒸発器入口) の比エンタルピーを読み取ると、それぞれ 399, 424, 256 kJ/kg となり、

$$\text{暖房時の COP} = \frac{424 - 256}{424 - 399} = \frac{168}{25} = 6.7 \quad (\text{答})$$

となる。蒸発温度が  $-10^{\circ}\text{C}$  の場合、それぞれの場所での比エンタルピーは 393, 427, 256 kJ/kg となり、

$$\text{暖房時の COP} = \frac{427 - 256}{427 - 393} = \frac{171}{34} = 5.0 \quad (\text{答})$$

となる。蒸発温度が  $-20^{\circ}\text{C}$  の場合、それぞれの場所での比エンタルピーは 387, 429, 256 kJ/kg となり、

$$\text{暖房時の COP} = \frac{429 - 256}{429 - 387} = \frac{173}{42} = 4.1 \quad (\text{答})$$

となる。

### 7-3 ドリル問題

**問題 1** エアコン室内熱交換器の冷房性能測定時の代表的な空気温度条件は、乾球温度  $27^{\circ}\text{C}$ 、湿球温度  $19^{\circ}\text{C}$  である。湿り空気線図 (p.242 の付図-3) を用いて、この条件の絶対湿度および相対湿度を求めよ。

(答) 絶対湿度 : 0.0106 kg/kg(DA), 相対湿度 : 47%

**問題 2** エアコン室外熱交換器の冷房性能測定時の代表的な空気温度条件は、乾球温度  $35^{\circ}\text{C}$ 、湿球温度  $24^{\circ}\text{C}$  である。湿り空気線図 (p.242 の付図-3) を用いて、この条件の絶対湿度お

よび相対湿度を求めよ。

(答) 絶対湿度 : 0.0142kg/kg(DA), 相対湿度 : 40.5%

**問題 3** エアコン室外熱交換器の暖房性能測定時の代表的な空気温度条件は, 乾球温度 7°C, 湿球温度 6°Cである。湿り空気線図 (p.242 の付図-3) を用いて, この条件の絶対湿度および相対湿度を求めよ。

(答) 絶対湿度 : 0.0054kg/kg(DA), 相対湿度 : 85%

**問題 4** 標準大気圧  $p=101.325\text{kPa}$  のもとで, 乾き空気  $m_a=0.8\text{kg}$  の中で  $m=6.4\text{g}$  の水を蒸発させて湿り空気とした。この湿り空気の絶対湿度  $x$  を求めよ。また, この湿り空気の温度が  $t=26^\circ\text{C}$  であるときの相対湿度  $\varphi$  と比較湿度 (飽和度)  $\psi$  を求めよ。

定義から, 絶対湿度  $x$  は, 次のように求められる。

$$x = \frac{m}{m_a} = \frac{0.0064}{0.8} = 0.008\text{kg/kg(DA)} \quad (\text{答})$$

$t=26^\circ\text{C}$ における飽和湿り空気の水蒸気分圧は, 飽和湿り空気表 (付表-1) より  $p_{vs}=3.3637\text{kPa}$  であるので, 相対湿度は, 式 7-25 より次のように求められる。

$$\varphi = \frac{(p/p_{vs})x}{0.622+x} = \frac{(101.325/3.3637) \times 0.008}{0.622+0.008} = 0.383 = 38.3\% \quad (\text{答})$$

$t=26^\circ\text{C}$ における飽和湿り空気の絶対湿度は, 飽和湿り空気表より,  $x_s=0.021451\text{kg/kg(DA)}$  であるので, 比較湿度  $\psi$  は, 式 7-18 より次のように求められる。

$$\psi = \frac{x}{x_s} = \frac{0.008}{0.0214851} = 0.372 = 37.2\% \quad (\text{答})$$

**問題 5** 温度が  $t=28^\circ\text{C}$ , 絶対湿度が  $x=0.009\text{kg/kg(DA)}$  の湿り空気の相対湿度を求めよ。

$t=28^\circ\text{C}$ における飽和湿り空気の水蒸気分圧は, 飽和湿り空気表 (付表-1) より  $p_{vs}=3.7828\text{kPa}$  である。式 7-25 から, 相対湿度は次のように求められる。

$$\varphi = \frac{(p/p_{vs})x}{0.622+x} = \frac{(101.325/3.7828) \times 0.009}{0.622+0.009} = 0.382 = 38.2\% \quad (\text{答})$$

**問題 6** 風通しのよい日陰で, 乾湿計を用いて乾球温度  $t$  と湿球温度  $t'$  を測定したところ,  $t=33^\circ\text{C}$ ,

$t'=24^{\circ}\text{C}$ という結果が得られた。湿球温度が熱力学的湿球温度に等しいとし、この空気の相対湿度  $\phi$  を求めよ。空気の圧力は、標準大気圧  $p=101.325\text{kPa}$  であるとする。

湿球温度  $t'=24^{\circ}\text{C}$ に対応する飽和水蒸気圧力は、飽和湿り空気表(附表-1)より、 $p_{vs}'=2.9856\text{kPa}$  である。式 7-46 から、飽和湿り空気の絶対湿度  $x_s$  は、次のように求められる。

$$x_s = 0.622 \times \frac{2.9856}{101.325 - 2.9856} = 0.018884\text{kg/kg(DA)}$$

飽和湿り空気の比エンタルピー  $h_s$  は、次のように求められる。

$$h_s = 1.005 \times 24 + 0.018884 \times (2501 + 1.805 \times 24) = 72.167\text{kJ/kg(DA)}$$

絶対湿度  $x$  は次のように求められる。

$$x = \frac{72.167 - (1.005 + 4.2 \times 0.018884) \times 33}{2501 - 2.395 \times 33} = 0.015023\text{kg/kg(DA)}$$

温度  $t=33^{\circ}\text{C}$ に対応する飽和水蒸気圧力は、飽和湿り空気表より、 $p_{vs}=5.0351\text{kPa}$  であるので、相対湿度  $\phi$  は次のように求められる。

$$\phi = \frac{(101.325/5.0351) \times 0.015023}{0.622 + 0.015023} = 0.475 = 47.5\% \quad (\text{答})$$

**問題 7** 温度  $t_1=30^{\circ}\text{C}$ 、絶対湿度  $x_1=0.015\text{kg/kg(DA)}$  の湿り空気を質量流量  $\dot{m}_{a1}=0.5\text{kg(DA)/s}$  で流し、その流れの中に、温度  $t_2=10^{\circ}\text{C}$  の飽和湿り空気を質量流量  $\dot{m}_{a2}=0.3\text{kg(DA)/s}$  で吹き込み混合させた。混合部は断熱されているとし、混合後の温度  $t_3$  と絶対湿度  $x_3$  を求めよ。

温度  $t_2=10^{\circ}\text{C}$  の飽和湿り空気の絶対湿度は、飽和湿り空気表(附表-1)から、次のように求められる。

$$x_2 = 0.007663\text{kg/kg(DA)}$$

式 7-57 と式 7-62 から、温度  $t_3$  と絶対湿度  $x_3$  は、それぞれ次のように求められる。

$$t_3 = \frac{\dot{m}_{a1}t_1 + \dot{m}_{a2}t_2}{\dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2}} = \frac{0.5 \times 30 + 0.3 \times 10}{0.5 + 0.3} = 22.5^{\circ}\text{C} \quad (\text{答})$$

$$x_3 = \frac{\dot{m}_{a1}x_1 + \dot{m}_{a2}x_2}{\dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2}} = \frac{0.5 \times 0.015 + 0.3 \times 0.007663}{0.5 + 0.3} = 0.012\text{kg/kg(DA)} \quad (\text{答})$$

**問題 8** 温度が  $t_1=35^{\circ}\text{C}$ 、絶対湿度が  $x_1=0.016\text{kg/kg(DA)}$ 、質量流量が  $\dot{m}_a=0.5\text{kg(DA)/s}$  の湿り空気を  $t_2=25^{\circ}\text{C}$  まで冷却したい。冷却に要する熱量  $\dot{Q}$  を求めよ。

飽和湿り空気表（付表-1）から、 $t_2=25^\circ\text{C}$ の飽和湿り空気の絶対湿度が  $x=0.020173\text{kg/kg(DA)}$  であることがわかる。 $x_1=0.016\text{kg/kg(DA)}$ であるので、この冷却では除湿は生じない。温度低下が  $\Delta t=10^\circ\text{C}$ であるので、式 7-66 から冷却による比エンタルピーの変化が求められる。

$$\Delta h = (1.005 + 1.805 \times 0.016) \times 10 = 10.3388\text{kJ/kg}$$

よって、式 7-65 から冷却に要する熱量を求めることができる。

$$\dot{Q} = \dot{m}_a \Delta h = 0.5 \times 10.3388 = 5.2\text{kW} \quad (\text{答})$$

**問題 9** 問題 8 において、冷却後の温度のみ  $t_2=20^\circ\text{C}$ に変更する。冷却に要する熱量  $\dot{Q}$  を求めよ。

飽和湿り空気表（付表-1）から、 $t_2=20^\circ\text{C}$ の飽和湿り空気の絶対湿度が  $x=0.014761\text{kg/kg(DA)}$  であることがわかる。 $x_1=0.016\text{kg/kg(DA)}$ であるので、この冷却では除湿が生じ、冷却後は  $x_2=0.014761\text{kg/kg(DA)}$ の飽和湿り空気になる。冷却前後の比エンタルピー  $h_1, h_2$  が次のように求められる。

$$h_1 = 1.005 \times 35 + 0.016 \times (2501 + 1.805 \times 35) = 76.202\text{kJ/kg(DA)}$$

$$h_2 = 1.005 \times 20 + 0.014761 \times (2501 + 1.805 \times 20) = 57.550\text{kJ/kg(DA)}$$

$20^\circ\text{C}$ の飽和水の比エンタルピーは、

$$h_w = 83.92\text{kJ/kg}$$

であるので、式 7-70 より冷却の熱量は次のように求められる。

$$\dot{Q} = 0.5 \times \{ (76.202 - 57.550) - (0.016 - 0.014761) \times 83.92 \} = 9.3\text{kW} \quad (\text{答})$$

## 第 7 章 演習問題

- カルノー冷凍機において、凝縮器温度が  $30^\circ\text{C}$ 、蒸発器温度が  $-15^\circ\text{C}$  であるとき、この冷凍機の成績係数を求めよ。また、ヒートポンプとして使用した場合の成績係数を求めよ。

$$\text{COP}_R = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{273.15 + (-15)}{(273.15 + 30) - (273.15 + (-15))} = 5.74 \quad (\text{答})$$

$$\text{COP}_{\text{HP}} = \frac{T_H}{T_H - T_L} = \frac{273.15 + 30}{(273.15 + 30) - (273.15 + (-15))} = 6.74 \quad (\text{答})$$

2. 成績係数が3の冷凍機において、2.1 kW（単位時間あたりの受熱量）の冷凍を行うのに要する圧縮機への入力（単位時間あたりの仕事）を求めよ。

$$\text{COP}_R = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}} \text{より} \quad \dot{W} = \frac{\dot{Q}_L}{\text{COP}_R} = \frac{2.1}{3} = 0.7 \text{ kW} \quad (\text{答})$$

3. 蒸気圧縮冷凍機の蒸発器入口の冷媒の比エンタルピー $h_1$ が325.5 kJ/kg、圧縮機入口においては比エンタルピー $h_2$ が1455 kJ/kgであった。また、冷媒循環量 $\dot{m}$ が166 kg/hとしたとき、蒸発器において吸収した熱量を求めよ。

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_2 - h_1) = 166 \times (1455 - 325.5) = 187497 \text{ kJ/h} = 52.1 \text{ kW} \quad (\text{答})$$

4. 作動流体として冷媒R134aを用い、0.14 MPaと0.8 MPaの間で働く蒸気圧縮冷凍サイクルの冷凍機がある。冷媒の質量流量を0.05 kg/sとするとき、この冷凍機の次の値を求めよ。ただし、比エンタルピーは、それぞれ圧縮機入り口で $h_1 = 236.04$  kJ/kg、出口で $h_2 = 272.05$  kJ/kgならびに凝縮器出口で $h_3 = 93.42$  kJ/kgである。

- (1) 成績係数
- (2) 蒸発器での受熱量
- (3) 凝縮器での放熱量
- (4) 圧縮機仕事

膨張弁において絞りであるので等エンタルピー変化となり、 $h_3 = h_4$ である。

- (1) 成績係数

$$\text{COP}_R = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{(236.04 - 93.42)}{(272.05 - 236.04)} = \frac{7.13}{1.801} = 3.96 \quad (\text{答})$$

- (2) 受熱量

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_1 - h_4) = 0.05 \times (236.04 - 93.42) = 7.13 \text{ kJ/s} = 7.13 \text{ kW} \quad (\text{答})$$

- (3) 放熱量

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_2 - h_3) = 0.05 \times (272.05 - 93.42) = 8.93 \text{ kJ/s} = 8.93 \text{ kW} \quad (\text{答})$$

- (4) 圧縮機の仕事

$$\dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1) = 0.05 \times (272.05 - 236.04) = 1.80 \text{ kJ/s} = 1.80 \text{ kW} \quad (\text{答})$$

5. 乾き空気 1kg に対して、0.01kg を含んだ湿り空気に対して乾球温度が  $t=26^{\circ}\text{C}$  であるときの比エンタルピーを求めよ。

乾球温度が  $t=26^{\circ}\text{C}$  であるので

$$h = 1.005t + (2501 + 1.805t)x = 1.005 \times 26 + (2501 + 1.805 \times 26) \times \frac{0.01}{1} = 51.6 \text{kJ/kg(DA)}$$

(答)

6. 標準大気圧 (101.325kPa)において、 $25^{\circ}\text{C}$ の飽和空気の絶対湿度を求めよ。ただし、 $25^{\circ}\text{C}$ の水蒸気分圧を 3.166kPa とする。

$$x = 0.622 \frac{p_v}{p - p_v} = 0.622 \times \frac{3.166}{101.325 - 3.166} = 0.0201 \text{kg/kg(DA)}$$

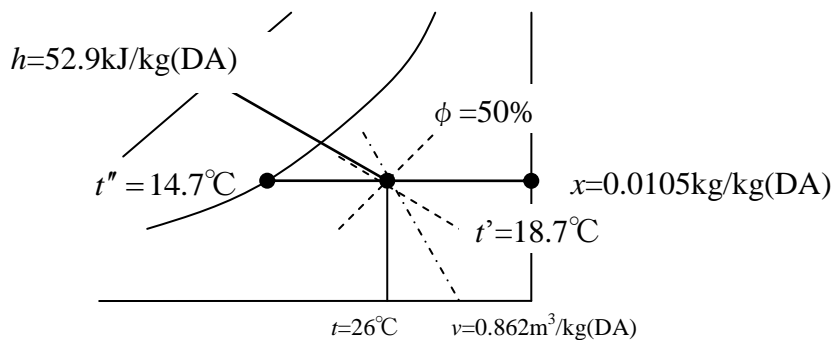
(答)

7. 標準大気圧(101.325kPa)において、乾球温度が  $30^{\circ}\text{C}$ で、相対湿度が 60%である湿り空気の水蒸気分圧を求めよ。ただし、飽和空気の水蒸気分圧は、4.245kPa とする。

$$\phi = \frac{p_v}{p_s} \times 100 \quad \text{より} \quad p_v = \frac{p_s}{100} \phi = \frac{4.254}{100} \times 60 = 2.55 \text{kPa}$$

(答)

8. p.242 の付図-3 の湿り空気線図より、乾球温度  $26^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 50%の湿球温度  $t'$ 、露点温度  $t''$ 、絶対湿度  $x$ 、比体積  $v$ および比エンタルピー  $h$  を求めよ。



9. 温度  $t_1 = 15^{\circ}\text{C}$ 、比エンタルピー  $h_1 = 27.0 \text{kJ/kg(DA)}$  の空気  $100 \text{kg(DA)}$  を加熱して、 $t_2 = 28^{\circ}\text{C}$ 、 $h_2 = 40.13 \text{kJ/kg(DA)}$  としたい。このときの加熱量を求めよ。

$$\dot{Q} = \dot{m}_a(h_2 - h_1) = 100 \times (40.13 - 27.0) = 1313 \text{kJ} = 1.31 \text{MJ} \quad (\text{答})$$

10. 乾球温度が  $t=28^\circ\text{C}$ 、湿球温度が  $t'=18^\circ\text{C}$  の湿り空気について、以下の問いに答えよ。ただし、圧力は  $p=101.325\text{kPa}$  であり、湿球温度は熱力学的湿球温度に等しいとする。

(1) この湿り空気の相対湿度  $\phi$  を求めよ。

(2) この湿り空気を容積が  $V=0.5\text{m}^3$  の容器に入れて、温度が  $t=8^\circ\text{C}$  まで冷却する。このとき生じる凝縮液の質量  $m_w$  を求めよ。ただし、この湿り空気の密度は、 $\rho=1.2\text{kg/m}^3$  にて一定であるとする。

(1) 湿球温度  $t'=18^\circ\text{C}$  における飽和湿り空気の絶対湿度  $x_s$  は、飽和湿り空気表（付表-1）から、

$$x_s = 0.012991 \text{kg/kg(DA)}$$

と求められる。この温度における飽和湿り空気の比エンタルピー  $h_s$  は、次のように求められる。

$$h_s = 1.005 \times 18 + 0.012991 \times (2501 + 1.805 \times 18) = 51.003 \text{kJ/kg(DA)}$$

式 7-47 より、乾球温度  $t=28^\circ\text{C}$  における絶対湿度は、次のように求められる。

$$x = \frac{51.003 - (1.005 + 4.2 \times 0.012991) \times 28}{2501 - 2.395 \times 28} = 0.0087657 \text{kg/kg(DA)}$$

乾球温度  $t=28^\circ\text{C}$  における飽和水蒸気圧  $p_{vs}$  は、飽和湿り空気表から

$$p_{vs} = 3.7828 \text{kPa}$$

であることがわかるので、相対湿度  $\phi$  は、式 7-25 より、次のように求められる。

$$\phi = \frac{(101.325/3.7828) \times 0.0087657}{0.622 + 0.0087657} = 0.372 = 37.2\% \quad (\text{答})$$

(2) 絶対湿度  $x$  の定義から、乾き空気の質量  $m_a$  と湿り空気の質量  $M$  との間には次の関係が成り立つ。

$$x = \frac{m}{m_a} = \frac{M - m_a}{m_a} \Rightarrow m_a = \frac{M}{1 + x}$$

この湿り空気  $V=0.5\text{m}^3$  の質量が  $M = \rho V = 1.2 \times 0.5 = 0.6\text{kg}$  であり、絶対湿度が、(1)より  $x = 0.0087657\text{kg/kg(DA)}$  であることから、乾き空気の質量  $m_a$  を、

$$m_a = \frac{M}{1 + x} = \frac{0.6}{1 + 0.0087657} = 0.59479 \text{kg(DA)}$$

と求めることができる。 $t=8^\circ\text{C}$  の飽和湿り空気の絶対湿度  $x'$  は、飽和湿り空気表より、

$$x' = 0.006684 \text{kg/kg(DA)}$$

であることがわかる。よって、凝縮量  $m_w$  は、

$$m_w = m_a(x - x') = 0.59479 \times (0.0087657 - 0.006684) = 1.24 \times 10^{-3} \text{kg} = 1.24 \text{g} \quad (\text{答})$$

と求められる。

- 1 1. ある室内で気温を測定したところ  $t_1=30^\circ\text{C}$ であった。また、露点温度は  $t''=25^\circ\text{C}$ であった。この湿り空気を冷却装置に通して  $t_2=15^\circ\text{C}$ まで冷却したい。質量流量が  $\dot{m}=0.4\text{kg/s}$ であるとき、冷却に要する熱量  $\dot{Q}$ を求めよ。

露点温度  $t_{\text{DP}}=25^\circ\text{C}$ における飽和湿り空気の絶対湿度が、この湿り空気の絶対湿度に等しいので、飽和湿り空気表（付表-1）から、絶対湿度  $x_1$ が次のように求められる。

$$x_1 = 0.020173\text{kg/kg(DA)}$$

冷却後には、 $t_2=15^\circ\text{C}$ の飽和湿り空気となるので、同様に絶対湿度  $x_2$ が次のように求められる。

$$x_2 = 0.010694\text{kg/kg(DA)}$$

冷却前後の比エンタルピー  $h_1, h_2$ を求めると次のようになる。

$$h_1 = 1.005 \times 30 + 0.020173 \times (2501 + 1.805 \times 30) = 81.695\text{kJ/kg(DA)}$$

$$h_2 = 1.005 \times 15 + 0.010694 \times (2501 + 1.805 \times 15) = 42.110\text{kJ/kg(DA)}$$

$t_2=15^\circ\text{C}$ における飽和水の比エンタルピー  $h_w$ は、水の飽和表より

$$h_w = 62.98\text{kJ/kg}$$

であることがわかる。よって、冷却に要する熱量  $\dot{Q}$ は、式 7-70 より、次のように求められる。

$$\dot{Q} = 0.4 \times \{(81.695 - 42.110) - (0.020173 - 0.010694) \times 62.98\} = 15.6\text{kW} \quad (\text{答})$$