

冷凍サイクルの成績係数 COP の計算

本ワークシートでの内容

- 冷凍サイクルの成績係数 (Coefficient of performance : COP) を計算するには、圧力や温度などの既知の状態量から比エンタルピなどの物性値を計算する必要があります。一般的には、これらの物性値は、冷媒の種類によって用意されている物性値表を使用して、計算する必要があります。Maple には、様々な冷媒の物性値を計算するための ThermophysicalData パッケージが用意されています。
- ThermophysicalData パッケージの中には、簡単に p-h 線図を作成する PTHChart コマンドが用意されています。

目次

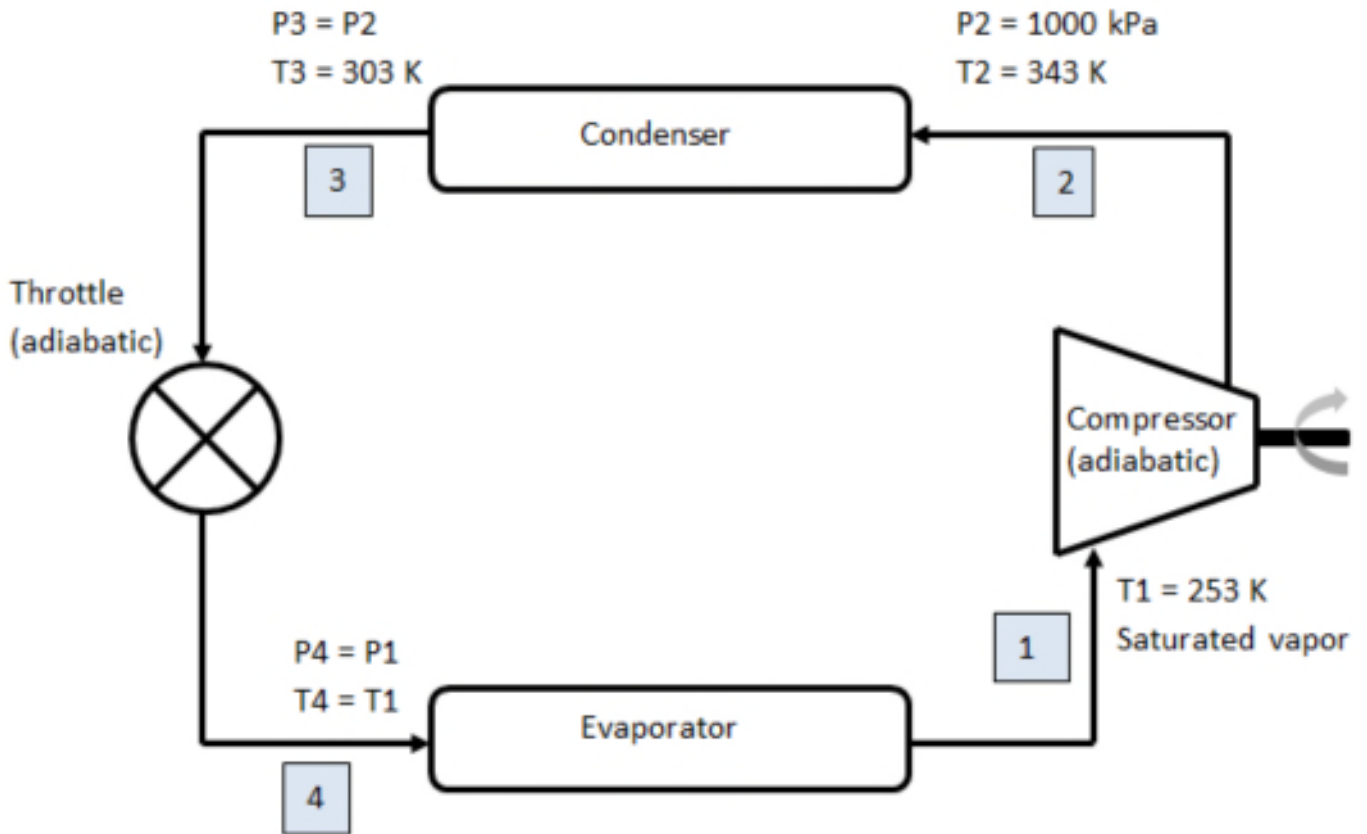
- 冷凍サイクルの成績係数 COP と p-h 線図
 - 基礎知識
 - コンプレッサ (Compressor)
 - 凝縮器 (Condenser)
 - 膨張弁 (Throttle)
 - 蒸発器 (Evaporator)
 - 成績係数 COP
 - p-h 線図

▼ 主な利用コマンド

コマンド名	説明
• ThermophysicalData:-Property	冷媒物性値の計算
• ThermophysicalData:-PHTChart	p-h 線図上に等温線と等乾き度線をプロット
• convert	式を異なる形式に変換
• plots:-display	複数のプロットを同時に描画

▼ 冷凍サイクルの成績係数 COP と p-h 線図

理想的な冷凍サイクルの成績係数（Coefficient of performance : COP）の計算と p-h 線図の作成方法を説明します。



基礎知識

• エネルギー保存則

コンプレッサ、凝縮器、膨張弁、蒸発器では、次のエネルギー保存則が成立します。

$$q - w = \Delta h + \Delta KE + \Delta PE$$

ここで

- w は系が外部にする仕事
- ΔKE と ΔPE は運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの変化量
- Δh は比エンタルピーの変化量
- q は系に流入する熱量

この例では、運動エネルギーとポテンシャルエネルギーは微小と仮定し、無視します。

$$q = \Delta h + w$$

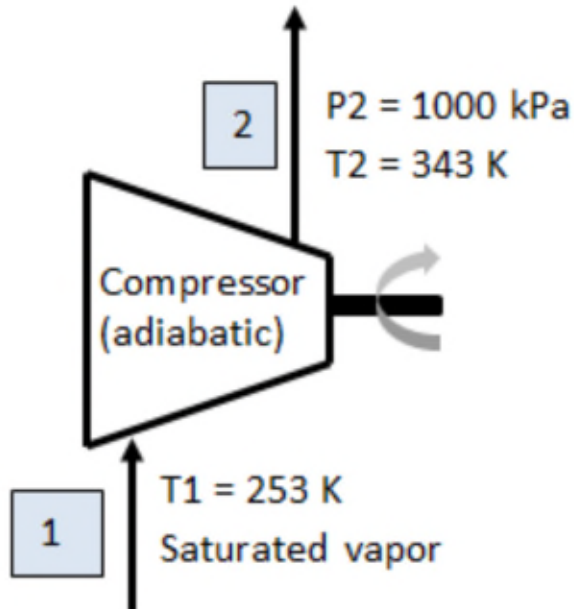
• 冷凍サイクルの成績係数 COP

冷凍サイクルの成績係数 ϵ_R は、圧縮仕事 w_C に対する吸熱量 q_L の比として表されます。

$$\epsilon_R = q_L / w_C$$

▼コンプレッサ (Compressor)

圧縮過程を断熱変化と仮定すると、 $q = 0$ より系がする仕事は、 $w = -\Delta h$ (コンプレッサがする仕事は Δh) となります。



ThermophysicalData パッケージと Units[Standard] パッケージを読み込みます。

```
[> restart  
> with(ThermophysicalData) :  
with(Units[Standard]) :  
with(plots) :
```

コンプレッサの入口 (点 1) における圧力と比エンタルピを計算します。
(単位系は、Ctrl + Shift + U で挿入することができます。)

```
[> P1 := Property(pressure, temperature = 253 K, vapour_quality = 1, R134a)  
P1 := 1.318769284 105 Pa (1)
```

```
[> h1 := Property(enthalpy, temperature = 253 K, vapour_quality = 1, R134a)  
h1 := 3.864615358 105  $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$  (2)
```

コンプレッサの出口 (点 2) における圧力と比エンタルピを計算します。

```
[> P2 := 1000 · 103 Pa  
P2 := 1000000 Pa (3)
```

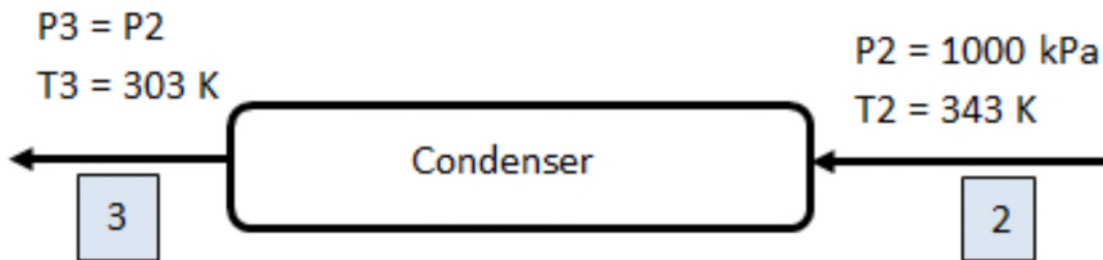
```
[> h2 := Property(enthalpy, temperature = 343 K, pressure = P2, R134a)  
h2 := 4.518442441 105  $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$  (4)
```

コンプレッサがする仕事を計算します。

```
[> workCompressor := h2 - h1;  
workCompressor := 65382.7083  $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$  (5)
```

凝縮器 (Condenser)

凝縮仮定を等圧変化と仮定すると、 $w = 0$ より $q = \Delta h$ (放熱量は $-\Delta h$) となります。



凝縮器の出口 (点3) における圧力と比エンタルピを計算します。

```
> P3 := P2  
P3 := 1000000 Pa (6)
```

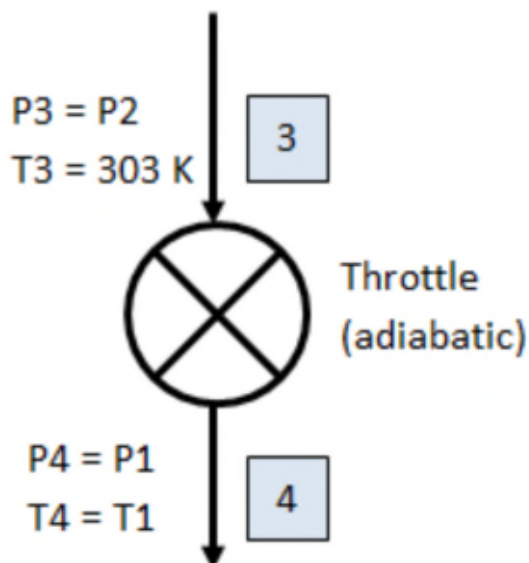
```
> h3 := Property(enthalpy, temperature = 303K, pressure = P3, R134a)  
h3 := 2.414995190 105  $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$  (7)
```

凝縮器の放熱量を計算します。

```
> heatCondenser := h2 - h3  
heatCondenser := 2.103447251 105  $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$  (8)
```

膨張弁 (Throttle)

膨張過程を等エンタルピ変化かつ断熱変化と仮定すると、 $\Delta h = 0$ かつ $q = 0$ より $w = 0$ となります。



膨張弁の出口 (点4) における圧力と比エンタルピを計算します。

```
> P4 := P1
```

$$P4 := 1.318769284 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad (9)$$

$$h4 := h3$$

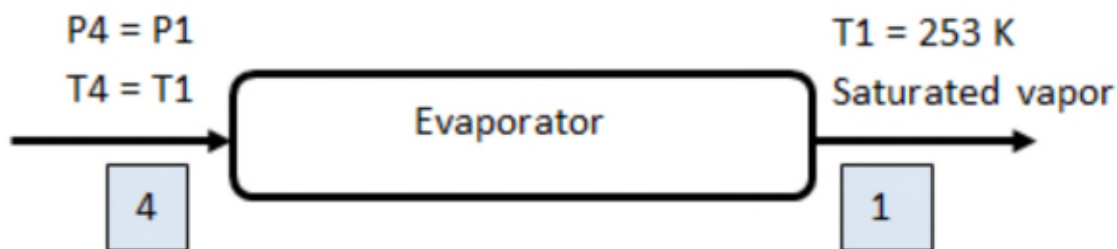
$$h4 := 2.414995190 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad (10)$$

膨張弁出口の乾き度を計算します。

$$\begin{aligned} > \text{Property}(\text{vapour_quality}, \text{pressure} = P4, \text{enthalpy} = h4, R134a) \\ & \quad 0.3194910312 \end{aligned} \quad (11)$$

蒸発器 (Evaporator)

蒸発過程を等圧変化と仮定すると、 $w = 0$ より吸熱量は $q = \Delta h$ となります。



蒸発器の吸熱量を計算します。

$$\begin{aligned} > \text{heatEvaporator} &:= h1 - h4 \\ & \quad 1.449620168 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \end{aligned} \quad (12)$$

成績係数 COP

成績係数 COP を計算します。

$$\begin{aligned} > \frac{\text{heatEvaporator}}{\text{workCompressor}} \\ & \quad 2.217130807 \end{aligned} \quad (13)$$

p-h 線図

p-h 線図を作成します。

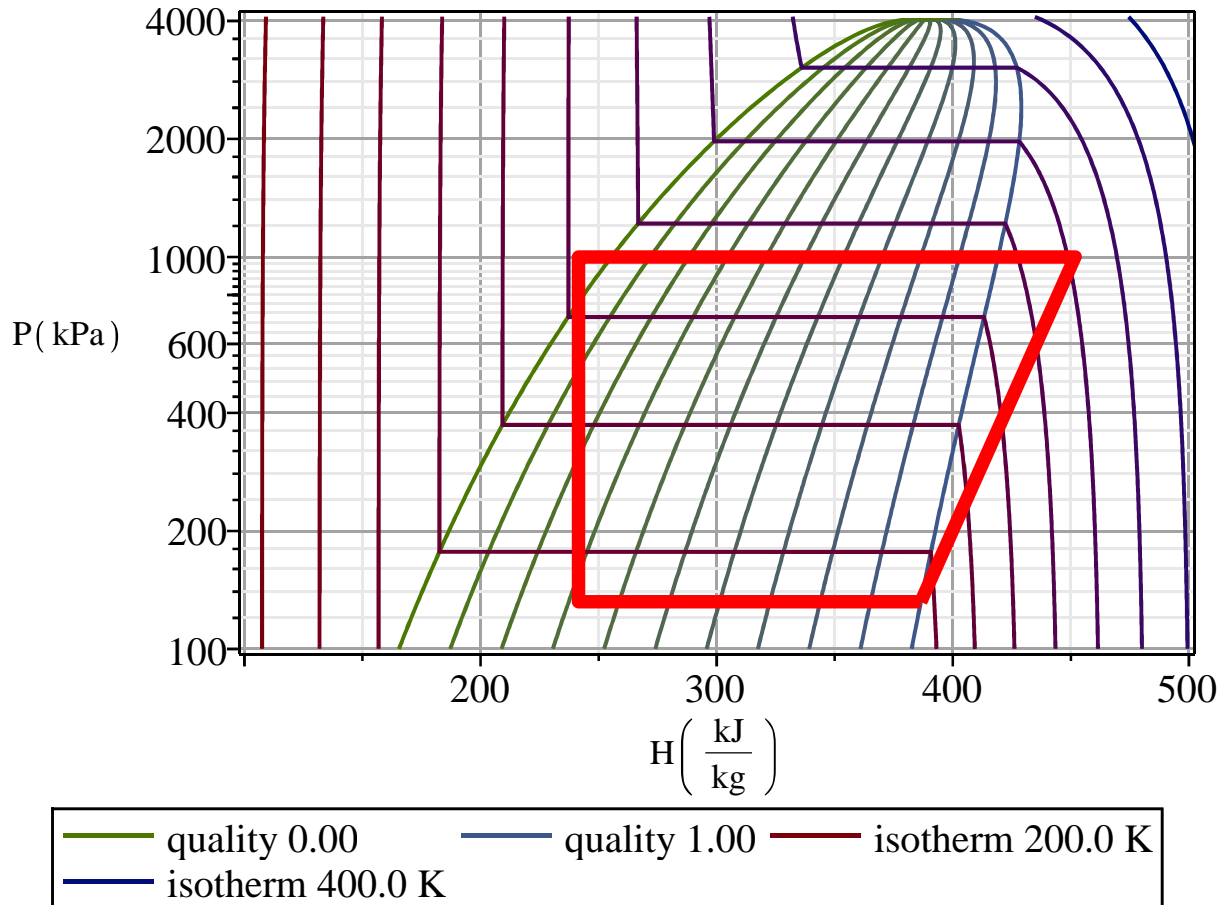
$$> \text{phtChart} := \text{PHTChart}\left(R134a, 100\text{kPa} \dots 4100\text{kPa}, 100 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \dots 500 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right):$$

状態変化のプロットを作成します。

$$\begin{aligned} > \text{pts} &:= \text{convert}\sim([\text{h1}, P1], [\text{h2}, P2], [\text{h3}, P3], [\text{h4}, P4], [\text{h1}, P1], \text{unit_free}): \\ > \text{cycle} &:= \text{pointplot}(0.001 \sim \text{pts}, \text{connect} = \text{true}, \text{color} = \text{"Red"}, \text{thickness} = 5): \end{aligned}$$

p-h 線図上に状態変化をプロットします。

> display(phtChart, cycle)



無断転載禁止

Copyright © 2016 CYBERNET SYSTEMS CO., LTD. All rights reserved.