

## 第24回 ボイラ・蒸気タービンのサイクル(1/2)

### 1. 蒸気原動所サイクル

ボイラと蒸気タービン(蒸気機関)を組み合わせてひとつの熱機関となる。  
 給水ポンプ+ボイラ+蒸気タービン+復水器+その他  
 蒸気原動所(steam power station)サイクル、蒸気サイクルという。

特徴

- ① 等温で熱を授受する部分が多い。カルノーサイクルに近い。
- ② ポンプ所要仕事が少ないで済む。
- ③ タービン形式では、小出力には不向き。

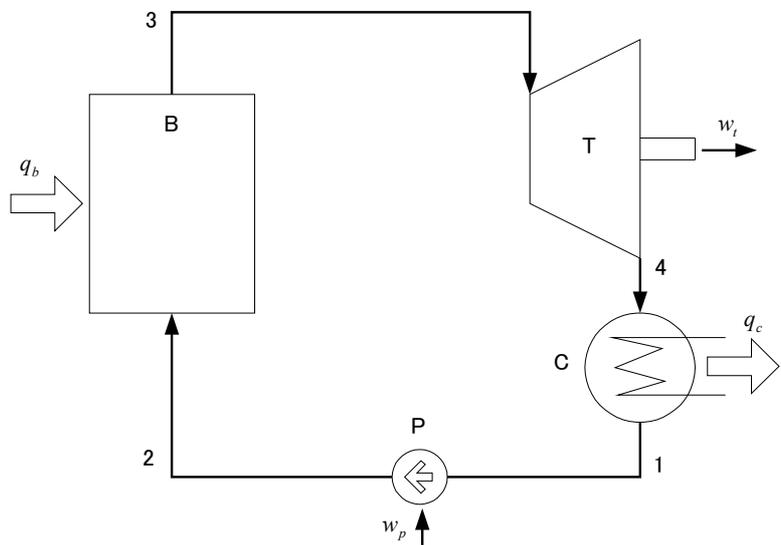
用途

汽力発電(火力、原子力)、  
 大型船舶の主機

### 2. 単純サイクル(ランキンサイクル)

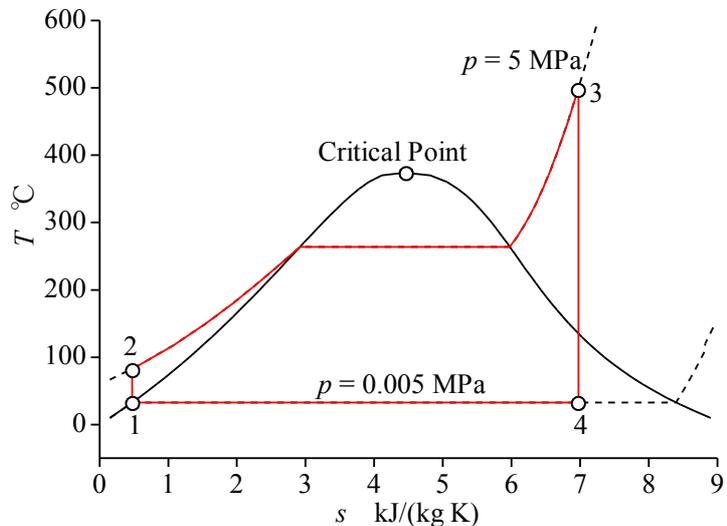
単純な蒸気原動所の主要設備構成と  
 サイクルのT-s 線図を示す。

- 1→2: 給水ポンプ(P)  
 断熱(等エントロピー)圧縮
- 2→3: ボイラ(B)  
 等圧加熱
- 3→4: タービン(T)  
 断熱(等エントロピー)膨張
- 4→1: 復水器(凝縮器)(C)  
 等圧冷却



ただし、T-s 線図のサブクール水域  
 の等圧線は実際はほぼ飽和水線に  
 重なるので、ここでは間隔を拡大して  
 表示している。

また、 $-273 \sim -50 \text{ }^\circ\text{C}$  の範囲を割愛し  
 ているので、T-s 線図の面積から熱量  
 を求める場合は、図の下部に割愛部  
 分を補足して考えることが必要。



通常,

1 は飽和水にする。

理由: 湿り蒸気だと, 給水ポンプが破損する可能性が生じ,  
また, サブクール水だと, ボイラの加熱量が増加する。

したがって, 2 はサブクール水となる。

3 は過熱蒸気にする。

理由: タービン内でかわき度が低下すると, 水滴となる。

タービン翼が腐食疲労する。

水滴による損失(湿り損失)が増加する。

4 は高かわき度の湿り蒸気となる。

実際のサイクルの大きな相違

① ボイラでは圧力降下があるため, 等温加熱とはならない。

② タービンで摩擦があるため, エントロピーが増加し, 出力が減少する。

### 3. 加熱量, 出力, 熱効率等

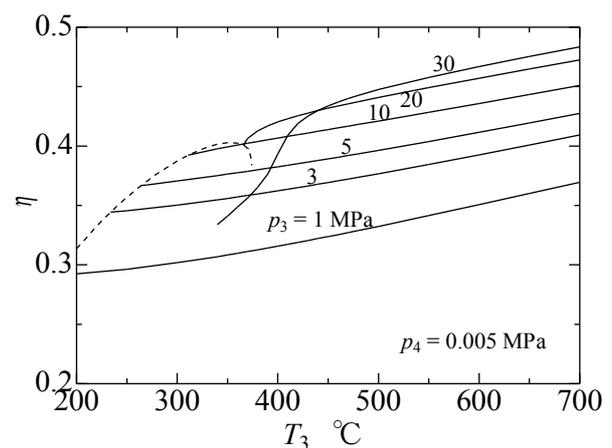
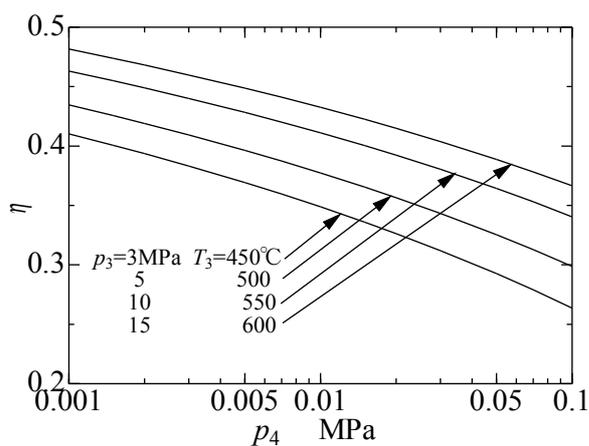
$$\begin{array}{ll} \text{ボイラの加熱量} & q_B = h_3 - h_2, \quad \text{復水器の放熱量} \quad q_C = h_4 - h_1 \\ \text{タービンの仕事} & w_T = h_3 - h_4, \quad \text{ポンプ所要仕事} \quad w_P = h_2 - h_1 \end{array}$$

$$\text{サイクルの熱効率} \quad \eta = 1 - \frac{q_C}{q_B} = \frac{w_T - w_P}{q_B} \quad \text{つまり} \quad \eta = 1 - \frac{h_4 - h_1}{h_3 - h_2} = \frac{(h_3 - h_4) - (h_2 - h_1)}{h_3 - h_2}$$

通常は,  $w_p \ll w_t$  であるので,  $h_2 \approx h_1$  と近似して,

$$\eta \approx \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_1} \quad \text{とする。}$$

熱効率の傾向



① 復水器圧力(温度)が低くなると, 効率が著しく向上。 --> 冷却水温, 伝熱性能  
冷却水はできるだけ低温とする --> 深層取水, etc

伝熱性能 ー ー > 銅系統伝熱管(黄銅管), 不凝縮ガス除去, 水流速

- ② タービン入口の蒸気圧力が高くなると, 効率が向上。
- ③ タービン入口の蒸気温度が高くなると, 効率が向上。 ー ー > 高温, 高压化

#### 4. 高温高压化の問題点

- ① 最高温度(500~600°C)が抑えられると, 高压化によりタービン出口のかわき度が低下する。  
湿り損失増加, タービン翼の浸食(エロージョン)が生じる。  
対策:再熱サイクルとする
- ② 低温での加熱量が減らないため, 熱効率向上が鈍くなる。  
対策:再生サイクルとする。