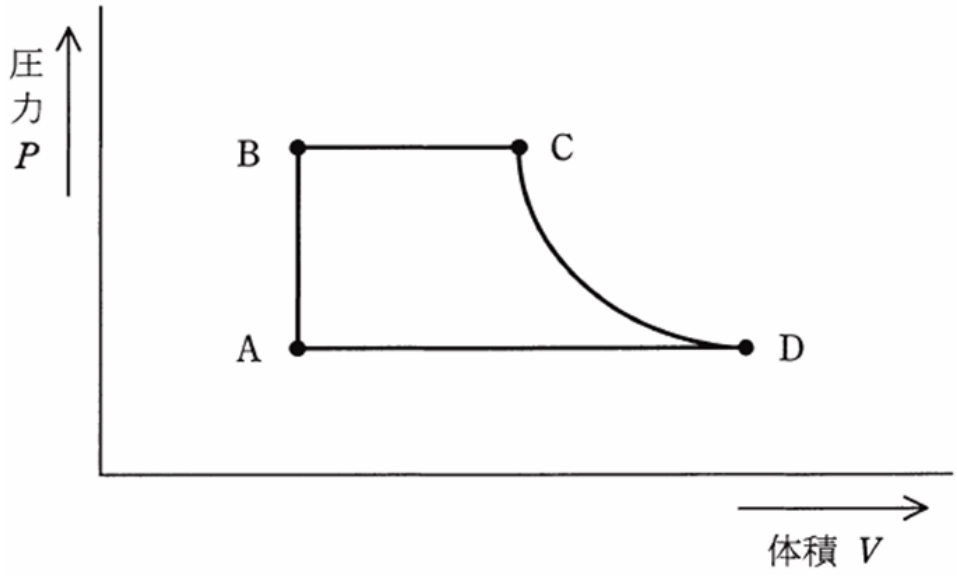
図は，あるランキンサイクルによる汽力発電所の P–V 線図である。
この発電所が，A 点の比エンタルピー 140 kJ/kg ，B 点の比エンタルピー 150 kJ/kg ，C 点の比エンタルピー 3380 kJ/kg ，D 点の比エンタルピー 2560 kJ/kg ，蒸気タービンの使用蒸気量 100 t/h ，蒸気タービンの出力 18 MW で運転しているとき，次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a)　タービン効率の値［%］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　58.4　(2)　66.8　(3)　79.0　(4)　95.3　(5)　96.7

(b)　この発電所の送電端電力 16 MW ，所内比率 5 % のとき，発電機効率の値［%］として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　84.7　(2)　88.6　(3)　88.9　(4)　89.2　(5)　93.6

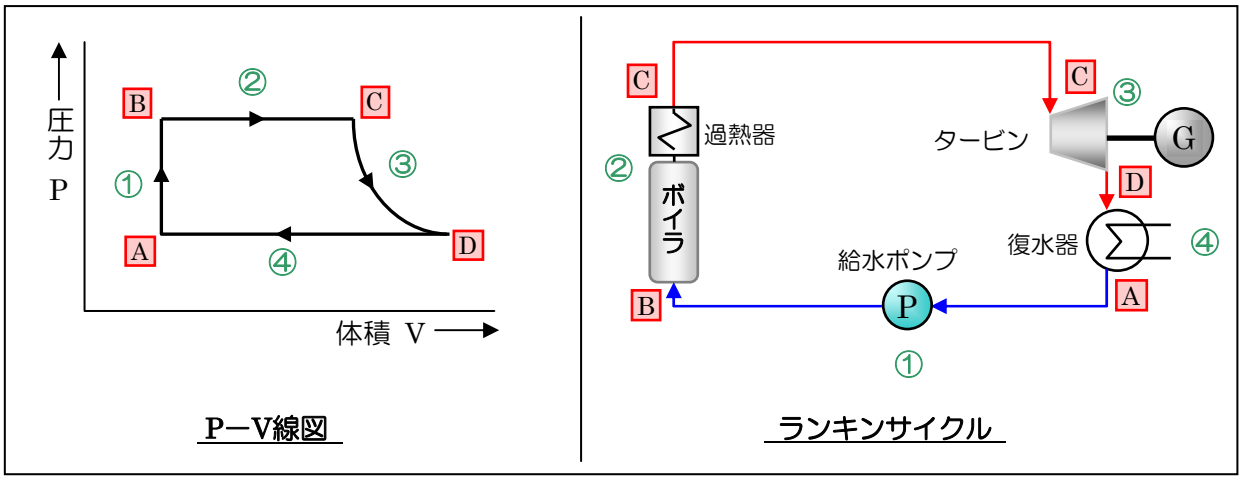
エンタルピーを簡単に言うと「物体の持つ熱量」であり、
物体 1kg あたりのエンタルピーのことを比エンタルピーと言います。
つまり、比エンタルピーとは「物体 1kg あたりの熱量」になります。

解 説

(a)

問題にある図は、汽力発電所のランキンサイクルの P–V 線図になります。

ランキンサイクルの各部と P−V 線図を対応させると次のようになります。(A ～ D)



ランキンサイクルの図(右側)で見ると、Aは復水器の出口、Bはボイラ入口、Cはタービン入口、Dはタービン出口 ということがわかります。

(a)で問われているのは「タービン効率」です。ということは、A～D のなかで、「Cのタービン入口」と「Dのタービン出口」の比エンタルピーが、タービン効率を求めるのに必要な値ということがわかります。

C 点の比エンタルピー 3380 kJ/kg

D 点の比エンタルピー 2560 kJ/kg

タービン効率 η_t は、$\boxed{\eta_t = \dfrac{\text{出力}}{\text{入力}}}$ で表すことができます。

具体的には、$\eta_t = \dfrac{\text{タービンの機械的出力}}{\text{タービンに入力する熱量}}$ になります。

タービンに入力する熱量を求める

使用蒸気量 100 t/h の単位を [t/h] → [kg/s] に換算する

$100\ [\mathrm{t/h}] \rightarrow 100 \times 10^3 \times \dfrac{1}{3600}\ [\mathrm{kg/s}]$ したがって、タービンに入力する熱量は、

$\underline{(3380 - 2560)} \times \underline{100 \times 10^3 \times \dfrac{1}{3600}}$ になる。

C点とD点の比エンタルピーの差に、使用蒸気量をかけたものが、

タービンに入力する熱量(タービンで使用される熱量)になる。

タービンの機械的出力を求める

タービンの機械的出力は 18 MW、これを[kW]に換算すると 18×10^3 kW になる、

これらの数値を $\eta_t = \dfrac{\text{タービンの機械的出力}}{\text{タービンに入力する熱量}}$ に代入する。

$$\eta_t = \frac{18\times10^3}{(3380-2560)\times100\times10^3\times\dfrac{1}{3600}} = \frac{18\times3600}{(3380-2560)\times100} = 0.79 \rightarrow 79\%$$

答 (a) ー (3)

(b)

所内率 と 発電端電力 から、送電端電力 を求める式は次のようになります。

公式

所内率 と 発電端電力 から 送電端電力 を求める式

$P_S = P_G\,(1-L)$

P_S [kW]： 送電端電力

P_G [kW]： 発電端電力

L ： 所内率 (所内比率)

発電機で発電した電力の一部を所内電力として使用しますが、発電端電力 に対する 所内電力 の比率のことを **所内率 (所内比率)** といいます。 所内率 $= \dfrac{\text{所内電力}}{\text{発電端電力}}$

$P_S = P_G\,(1-L)$を「$P_G =$」の形にして発電端電力 P_G を求める。

$P_G = \dfrac{P_S}{1-L}$ に、$\underset{\text{送電端電力}}{P_S = 16\text{MW}}$, $\underset{\text{所内比率}}{L = 5\% = 0.05}$ を代入する。

$$P_G = \frac{16}{1-0.05}$$

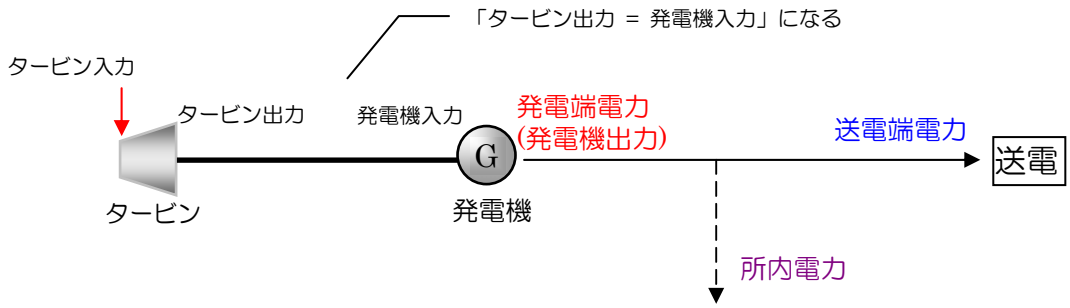
$P_G \fallingdotseq 16.84\text{MW}$

タービンの出力 18 MW は、発電機に対する入力になる

発電端電力 16.84MW は、発電機の出力に相当する(発電端電力 ＝ 発電機出力)。

効率は、$\eta = \dfrac{\text{出力}}{\text{入力}}$ で求められるので、次の式で発電機効率は求められる。

$$\eta = \frac{16.84\ \mathrm{MW}}{18\ \mathrm{MW}} \times 100 \fallingdotseq 93.6\ \%$$



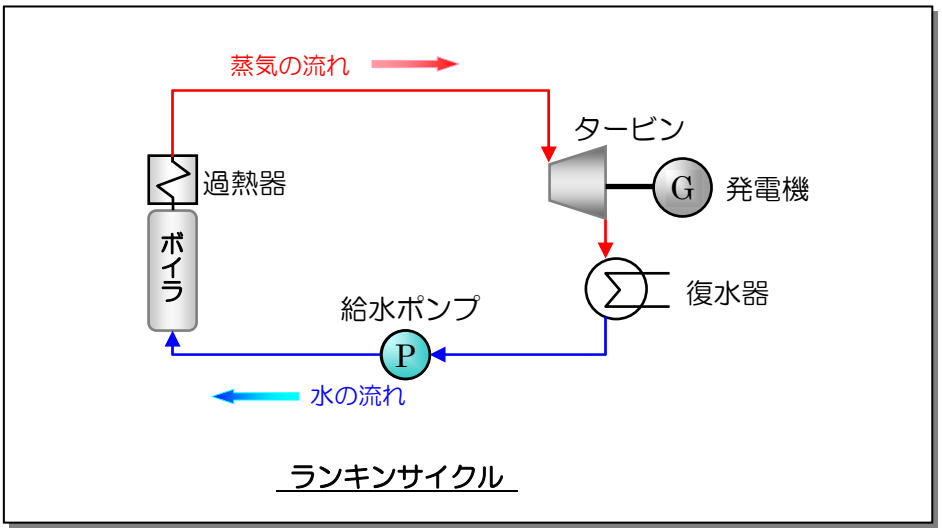
発電機で発電した電力(発電機出力)が発電端電力であり、そこから発電所内で使用する電力(所内電力)を差し引いたものを外部へ送電します(送電端電力)。

答　(b) － (5)

(a)の補足

ランキンサイクル

汽力発電の最も基本的な熱サイクルを**ランキンサイクル**と言います。



ボイラに入った水は、加熱されて湿り蒸気になる。

↓

ボイラを出た湿り蒸気は 過熱器で過熱され、過熱蒸気(乾き蒸気)となる。

↓

過熱蒸気はタービンに入り、その圧力エネルギーを機械的エネルギーに変える。

↓

タービンで圧力の下がった蒸気は、復水器で冷やされて水になる。

↓

復水器を出た水は、給水ポンプで加圧されてボイラに入る。

この繰り返しが、ランキンサイクル になります。

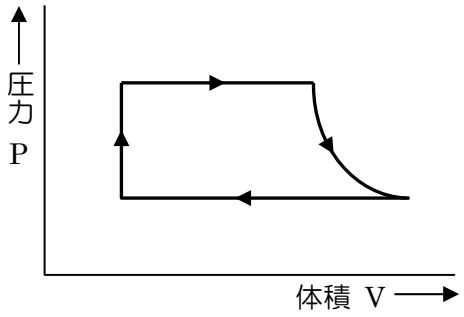
熱サイクル(ランキンサイクル)の様子を表す線図の 1 つに T−s 線図 がありますが、それとは別に、水(蒸気) の **圧力** と **体積** の関係から作る P−V 線図 があります。

熱サイクルの様子を表す線図 ー
- T−s 線図 (温度−エントロピー 線図)
- P−V 線図 (圧力−体積 線図)

P : Pressure 圧力 、 V : Volume 体積

P−V 線図　(ランキンサイクルの P−V 線図)

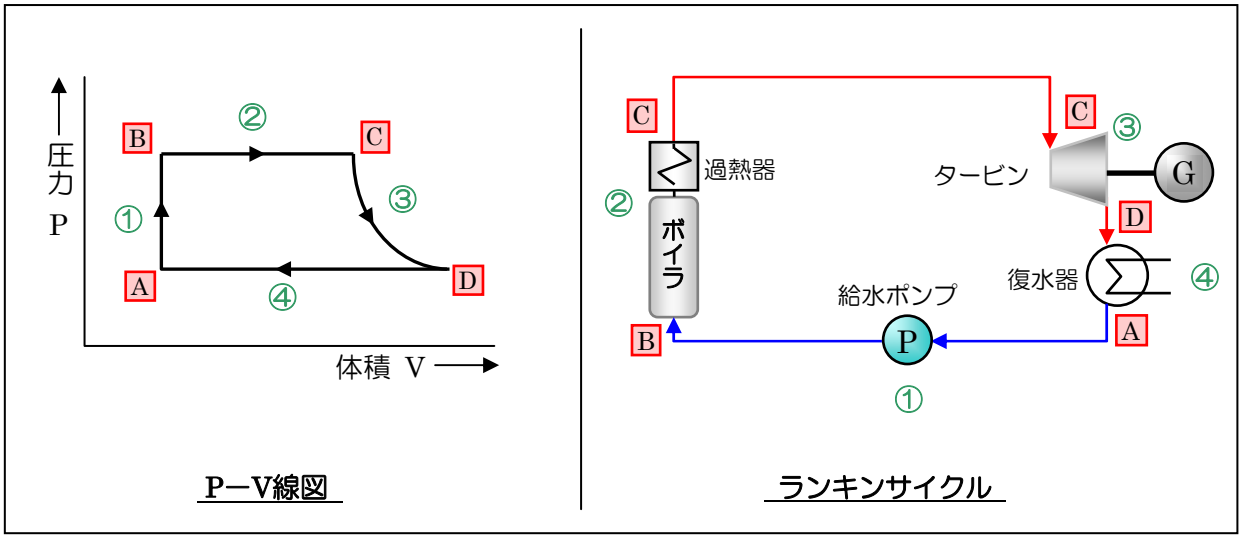
最も基本的な熱サイクルである**ランキンサイクル**について P−V線図 (圧力と体積の関係図) を作ると、次のようになります。



横軸は、水(蒸気)の体積 **V**
縦軸は、水(蒸気)の圧力 **P**

ランキンサイクル の P−V線図

ランキンサイクルの各部をP－V線図に対応させると次のようになります。(A ～ D)



(b)の補足

発電端電力、送電端電力、所内電力

発電機で発電され、出力された電力のことを 発電端電力 と言いますが、
発電端電力を全て外部(変電所等) へ送電することはありません。
発電所内では、給水ポンプ や 冷却ファン、電気集塵機など 様々な電気機器を使用するため、発電所で発電した電力の一部を所内電力として使用します。
そのため、発電した電力から所内電力を差し引いた電力を外部へ送電し、
この、外部へ送電する電力のことを 送電端電力 と言います。

発電機から出力された電力を 発電端電力 (又は発電端出力)
発電所内で使用する電力を 所内電力
発電端電力 から 所内電力 を差し引き、外部へ送電する電力のことを 送電端電力 (又は送電端出力) と言います。

発電端電力	－	所内電力	＝	送電端電力
P_G		P_L		P_S

発電端電力、送電端電力、所内電力 の 関係式

以上のことから、送電端電力 を求める式は次のようになります。

公式

送電端電力 を求める式

$$P_S = P_G - P_L$$

P_S [kW]： 送電端電力
P_G [kW]： 発電端電力
P_L [kW]： 所内電力

所内電力は小さいほうが、送電端電力は大きくなります。

所内率 L

所内率とは、発電端電力 に対する 所内電力 の比率のことです
所内率を式で表すと次のようになります。

公式

所内率を求める式

$$L = \frac{P_L}{P_G} \qquad \text{所内率} = \frac{\text{所内電力}}{\text{発電端電力}}$$

L ： 所内率
P_L [kW]： 所内電力
P_G [kW]： 発電端電力

所内率は小さいほうが、効率は良い と言えます。

送電端電力を求める式

所内率 と 発電端電力 がわかっていれば、送電端電力 を求めることができます。
その場合の送電端電力を求める式は次のようになります。

公式

所内率 と 発電端電力 から 送電端電力 を求める式

$$P_S = P_G (1 - L)$$

P_S [kW]： 送電端電力
P_G [kW]： 発電端電力
L ： 所内率