

電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第6回 電力計算3 (復水器の損失)

2022.06.11 Sat

電力量 [kW · h] とエネルギー [kJ]

$$\text{電力 [J/s]} \times \text{時間 (秒) [s]} = \text{エネルギー [J]}$$

$$\text{電力 [W]} \times \text{時間 (時) [h]} = \text{電力量 [W · h]}$$

エネルギー、電力量どちらも同じ意味の物理量

他の例) 体積: [l], [cm³], [cc]

$$\text{電力量 [W · h]} \times 3600 = \text{エネルギー [J]}$$

1時間 → 3600 秒

例) 出力100 kWの発電機を1日稼働して
得られるエネルギーと電力量

$$100 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 2400 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$\begin{aligned} 100 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 3600 &= 8,640,000 \text{ kJ} \\ &= 8.64 \text{ GJ} \end{aligned}$$

火力発電所の燃料と出力の関係

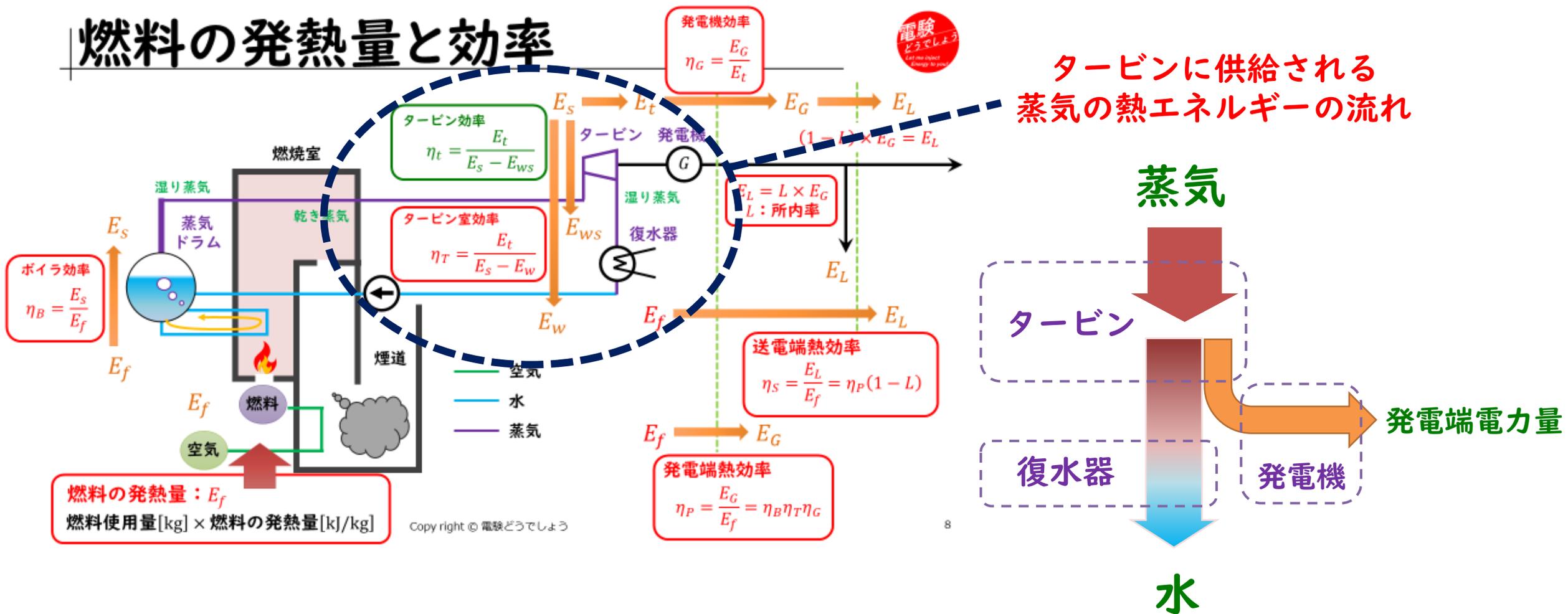
$$\text{発電所の出力 [kW · h]} = \frac{\text{燃料 [kJ]}}{3600} \times \text{効率}$$

$$\begin{aligned} 10^3 &\rightarrow 1 \text{ k (キロ)} \\ 10^6 &\rightarrow 1 \text{ M (メガ)} \\ 10^9 &\rightarrow 1 \text{ G (ギガ)} \end{aligned}$$

× 1000 (between k and M)
× 1000 (between M and G)

蒸気の熱エネルギーの流れ

燃料の発熱量と効率



蒸気の熱エネルギーの流れ

電力量[kW・h]または1時間当たりの熱量[kJ/h]でエネルギーの流れを考える

1 kWの電力を得るために
必要な蒸気熱量[kJ/h]

タービン熱消費率
 J_T [kJ/(kW・h)]

$$J_T = \frac{Q_i}{P_T}$$

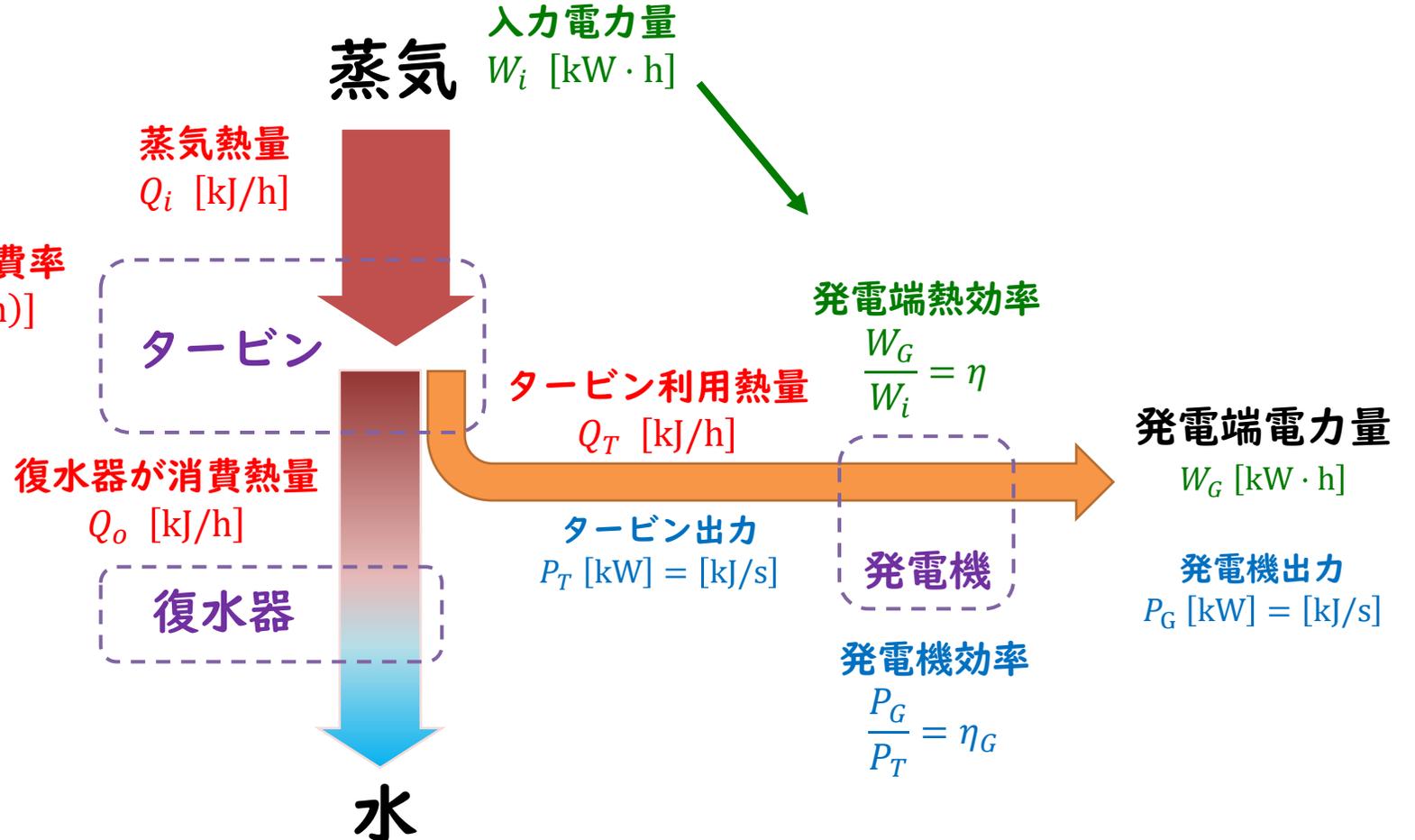
<ポイント>

1時間当たりの熱量の流れ

$$Q_i = Q_T + Q_o$$

$$\rightarrow J_T P_T = 3600 P_T + Q_o$$

$$\rightarrow Q_o = J_T P_T - 3600 P_T$$



R01 問15

問15 復水器の冷却に海水を使用し、運転している汽力発電所がある。このときの復水器冷却水流量は $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 、復水器冷却水が持ち去る毎時熱量は $3.1 \times 10^9 \text{ kJ/h}$ 、海水の比熱容量は $4.0 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、海水の密度は $1.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、タービンの熱消費率は $8000 \text{ kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ である。

この運転状態について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、復水器冷却水が持ち去る熱以外の損失は無視するものとする。

(a) タービン出力の値[MW]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 350 (2) 500 (3) 700 (4) 800 (5) 1000

(b) 復水器冷却水の温度上昇の値[K]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 3.3 (2) 4.7 (3) 5.3 (4) 6.5 (5) 7.9

導出のポイント

問 15 復水器の冷却に海水を使用し、運転している汽力発電所がある。このときの復水器冷却水流量は $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 、復水器冷却水が持ち去る毎時熱量は $3.1 \times 10^9 \text{ kJ/h}$ 、海水の比熱容量は $4.0 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、海水の密度は $1.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、タービンの熱消費率は $8000 \text{ kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ である。

この運転状態について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、復水器冷却水が持ち去る熱以外の損失は無視するものとする。

(a) タービン出力の値[MW]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 350 (2) 500 (3) 700 (4) 800 (5) 1000

(b) 復水器冷却水の温度上昇の値[K]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3.3 (2) 4.7 (3) 5.3 (4) 6.5 (5) 7.9

タービン出力： P_T [kW] ※[kW] = [kJ/s]

┆ 時間当たりの復水器の消費熱量： $Q_o = 3.1 \times 10^9$ [kJ/h]

┆ 時間当たりの蒸気熱量： Q_i [kJ/h]

┆ 時間当たりのタービンの利用熱量： Q_T [kJ/h] = $3600P_T$

$$Q_i = Q_T + Q_o \rightarrow Q_o = Q_i - Q_T$$

タービン熱消費率： $J_T = 8000 \text{ kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})$

→1 kW・h の電力量を発生させるために必要な熱量

蒸気熱量 Q_i とタービン出力 P_T の関係

$$Q_i = J_T P_T \text{ [kJ/h]}$$

$$Q_o = Q_i - Q_T \rightarrow Q_o = J_T P_T - 3600 P_T = (J_T - 3600) P_T$$

$$P_T = \frac{Q_o}{J_T - 3600} = \frac{3.1 \times 10^9}{8000 - 3600} = 704500 \text{ kW} = 704 \text{ MW}$$

導出のポイント

問 15 復水器の冷却に海水を使用し、運転している汽力発電所がある。このときの復水器冷却水流量は $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 、復水器冷却水が持ち去る毎時熱量は $3.1 \times 10^9 \text{ kJ/h}$ 、海水の比熱容量は $4.0 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、海水の密度は $1.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、タービンの熱消費率は $8000 \text{ kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ である。

この運転状態について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、復水器冷却水が持ち去る熱以外の損失は無視するものとする。

(a) タービン出力の値[MW]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 350 (2) 500 (3) 700 (4) 800 (5) 1000

(b) 復水器冷却水の温度上昇の値[K]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3.3 (2) 4.7 (3) 5.3 (4) 6.5 (5) 7.9

1時間に取り去る熱エネルギーを求める

$$Q_o [\text{kJ}/\text{h}] = cm\Delta T = \underbrace{4.0}_{\text{比熱}} \times \underbrace{1.1 \times 10^3}_{\text{密度}} \times \underbrace{30}_{\text{流量}} \times \underbrace{3600}_{\text{秒} \rightarrow \text{時間の換算}} \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{3.1 \times 10^9}{4.0 \times 1.1 \times 10^3 \times 30 \times 3600} = 6.52 \text{ K}$$

R01 問15

問15 復水器の冷却に海水を使用し、運転している汽力発電所がある。このときの復水器冷却水流量は $30 \text{ m}^3/\text{s}$ 、復水器冷却水が持ち去る毎時熱量は $3.1 \times 10^9 \text{ kJ/h}$ 、海水の比熱容量は $4.0 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、海水の密度は $1.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、タービンの熱消費率は $8000 \text{ kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ である。

この運転状態について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、復水器冷却水が持ち去る熱以外の損失は無視するものとする。

(a) タービン出力の値[MW]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 350 (2) 500 (3) 700 (4) 800 (5) 1000

(b) 復水器冷却水の温度上昇の値[K]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3.3 (2) 4.7 (3) 5.3 (4) 6.5 (5) 7.9

H25 問15

問15 復水器の冷却に海水を使用する汽力発電所が定格出力で運転している。次の

(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) この発電所の定格出力運転時には発電端熱効率が 38 [%] , 燃料消費量が 40 [t/h] である。1 時間当たりの発生電力量 [MW・h] 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。

ただし、燃料発熱量は 44 000 [kJ/kg] とする。

- (1) 186 (2) 489 (3) 778 (4) 1286 (5) 2046

(b) 定格出力で運転を行ったとき、復水器冷却水の温度上昇を 7 [K] とするために必要な復水器冷却水の流量 [m³/s] 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。

ただし、タービン熱消費率を 8 000 [kJ/(kW・h)] , 海水の比熱と密度をそれぞれ 4.0 [kJ/(kg・K)] , 1.0 × 10³ [kg/m³] , 発電機効率を 98 [%] とし、提示していない条件は無視する。

- (1) 6.8 (2) 8.0 (3) 14.8 (4) 17.9 (5) 21.0

導出のポイント

問15 復水器の冷却に海水を使用する汽力発電所が定格出力で運転している。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) この発電所の定格出力運転時には発電端熱効率が 38 [%] , 燃料消費量が 40 [t/h] である。1 時間当たりの発生電力量 [MW・h] 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。
ただし、燃料発熱量は 44 000 [kJ/kg] とする。

- (1) 186 (2) 489 (3) 778 (4) 1286 (5) 2046

(b) 定格出力で運転を行ったとき、復水器冷却水の温度上昇を 7 [K] とするために必要な復水器冷却水の流量 [m³/s] 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。
ただし、タービン熱消費率を 8 000 [kJ/(kW・h)] , 海水の比熱と密度をそれぞれ 4.0 [kJ/(kg・K)] , 1.0 × 10³ [kg/m³] , 発電機効率を 98 [%] とし、提示していない条件は無視する。

- (1) 6.8 (2) 8.0 (3) 14.8 (4) 17.9 (5) 21.0

発電端電力量[kW・h]

$$= \text{燃料使用量}[\text{kg}] \times \frac{\text{燃料の発熱量}[\text{kJ}/\text{kg}]}{3600} \times \text{熱効率} \eta$$

$$W_G = 40 \times 10^3 \times \frac{44000}{3600} \times 0.38 = 186000 \text{ kW} \cdot \text{h} = 186 \text{ MW} \cdot \text{h}$$

導出のポイント

(b) 定格出力で運転を行ったとき、復水器冷却水の温度上昇を7 [K] とするために必要な復水器冷却水の流量 [m³/s] 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。

ただし、タービン熱消費率を8000 [kJ/(kW・h)]、海水の比熱と密度をそれぞれ4.0 [kJ/(kg・K)]、 1.0×10^3 [kg/m³]、発電機効率を98 [%] とし、提示していない条件は無視する。

- (1) 6.8 (2) 8.0 (3) 14.8 (4) 17.9 (5) 21.0

発電端電力量： $W_G = 186 \text{ MW} \cdot \text{h}$

タービンの電力量： $W_T = W_G \div \eta_G = 186 \times \frac{1}{0.98} \text{ MW} \cdot \text{h}$

入力電力量 = (タービン熱消費率) × (タービンの電力量)

$$W_i [\text{kJ}] = 8000 \text{ kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h}) \times W_T [\text{kW} \cdot \text{h}]$$

$$W_i [\text{kJ}] = 8000W_T [\text{kJ}]$$

復水器の電力量： $W_o [\text{kJ}]$

$$W_o [\text{kJ}] = W_i - W_T = 8000W_T [\text{kJ}] - W_T [\text{kW} \cdot \text{h}]$$

$$W_o [\text{kJ}] = W_i - W_T = 8000W_T [\text{kJ}] - 3600W_T [\text{kJ}]$$

$$\begin{aligned} W_o &= (8000 - 3600) \times \frac{W_G}{0.98} \\ &= (8000 - 3600) \times \frac{1}{0.98} \times 186 \times 10^3 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$W_o = 835 \times 10^6 \text{ kJ}$$

$$W_o [\text{kJ}] = cm\Delta T = \underbrace{4.0}_{\text{比熱}} \times \underbrace{1.0 \times 10^3}_{\text{密度}} \times \underbrace{Q}_{\text{流量}} \times \underbrace{3600 \times 7}_{\text{秒} \rightarrow \text{時間の換算}}$$

$$Q = \frac{W_o}{4.0 \times 1.0 \times 10^3 \times 3600 \times 7} = \frac{835 \times 10^6 \text{ kJ}}{4.0 \times 1.0 \times 10^3 \times 3600 \times 7}$$

$$\therefore Q = 8.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

H25 問15

問15 復水器の冷却に海水を使用する汽力発電所が定格出力で運転している。次の

(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) この発電所の定格出力運転時には発電端熱効率が 38 [%] , 燃料消費量が 40 [t/h] である。1時間当たりの発生電力量 [MW・h] 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。

ただし、燃料発熱量は 44 000 [kJ/kg] とする。

(1) 186 (2) 489 (3) 778 (4) 1 286 (5) 2 046

(b) 定格出力で運転を行ったとき、復水器冷却水の温度上昇を 7 [K] とするために必要な復水器冷却水の流量 [m³/s] 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。

ただし、タービン熱消費率を 8 000 [kJ/(kW・h)] , 海水の比熱と密度をそれぞれ 4.0 [kJ/(kg・K)] , 1.0 × 10³ [kg/m³] , 発電機効率を 98 [%] とし、提示していない条件は無視する。

(1) 6.8 (2) 8.0 (3) 14.8 (4) 17.9 (5) 21.0

ご聴講ありがとうございました
ございました!!