

## 7. 「発電・送電・変電施設」

### 1. 水力発電

#### (1) 水力発電施設

発電用水の経路

・水路式発電所：取水口 沈砂池 導水路 ヘッドタンク 水圧管路 水車 放水路

・ダム水路式：取水口 導水路 サ - ジタンク 水圧管路 水車 放水路

・ダム式発電所：取水口 水圧管路 水車 放水路

#### (2) 水力発電所の出力

発電機出力(発電所出力)

$$P = 9.8QH \quad \text{[KW]}$$

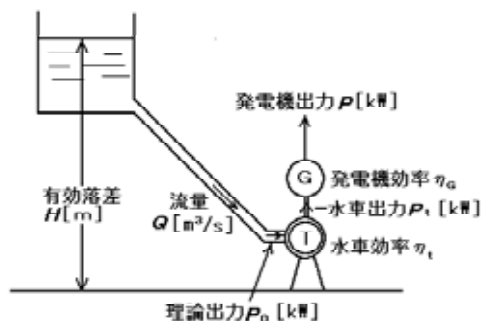
Q: 使用水量 [m<sup>3</sup>/s]

H: 有効落差 [m]

H = 総落差 - 損失落差

η<sub>1</sub>: 水車効率 η<sub>2</sub>: 発電機効率

総合効率 = η<sub>1</sub> × η<sub>2</sub>



#### (3) 水車の種類と適用落差

種類		適用落差	使用水量
衝動形	ペルトン水車	高落差(250m以上)	小
	フランシス水車	広範囲(50~500m)	中
反動形	斜流水車	中落差(40~200m)	中
	プロペラ水車 カプラン水車	低落差(80m以下)	大

### 2. 火力発電

#### (1) 発電所のエネルギー変換

図のように、

燃料エネルギー → 蒸気エネルギー  
機械的エネルギー → 電気エネルギー

#### (2) 水、蒸気、燃焼ガスの流れ

・水の流れ：復水器 → 復水ポンプ → 給水ポンプ → 給水加熱器 → 節炭器 → ボイラ水管

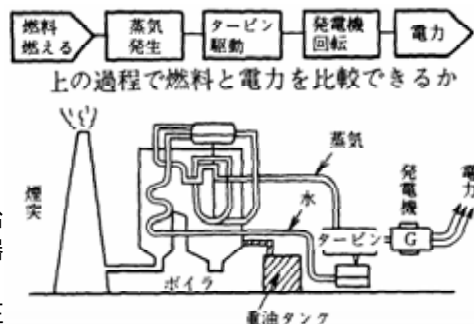
・蒸気：ボイラ水管 → 過熱器 → 高圧タービン

・タービン：再熱器 → 中・低圧タービン → 復水器

・燃焼ガス：ボイラ水管 → 過熱器 → 再熱器 → 節炭器 → 空気予熱器 → 煙突

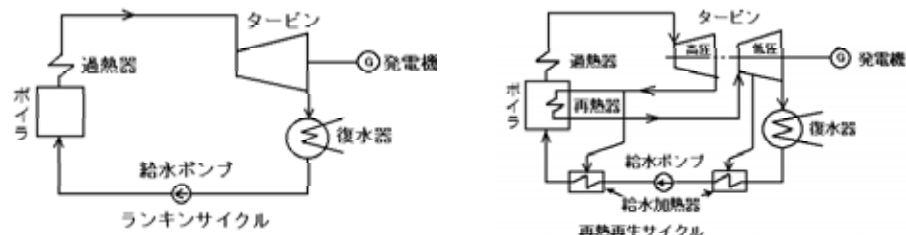
節炭器：煙道ガスの余熱を利用して、ボイラ給水を加熱する。

空気予熱器：煙道ガスの余熱を利用して燃焼用空気を加熱する。



#### (3) 熱サイクル

ボイラで水を熱して蒸気をつくり、タービン・発電機を回して発電し、蒸気は復水器で水にもどし、給水ポンプでボイラに送り返す。この過程を熱サイクルという。熱サイクルには基本的なランキンサイクルと再生サイクル、再熱サイクル、再熱・再生サイクルの4種類がある。現在の大容量発電所では熱効率の向上を図った再熱・再生サイクルが採用されている。



### 3. ディーゼル発電

#### (1) ディーゼル機関の動作行程

吸入 → 圧縮 → 爆発(燃焼) → 排気の4工程を2回転の間に行う4サイクル機関と1回転の間に行う2サイクル機関がある。

#### (2) ディーゼル発電の付帯設備

・はずみ車(フライホイール)：往復運動を回転力としているので、回転むらなくするため軸に取り付ける。

・始動装置(圧縮空気始動)：空気だめよりの圧縮空気をシリンダ内に入れて始動する。

・電気始動：蓄電池と始動電動機により始動する。(小容量機に適用)

・非常停止装置：出力500[KW]を超える機関には定格速度の1.16倍で動作する非常调速機を設置する。

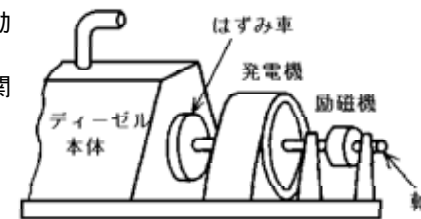
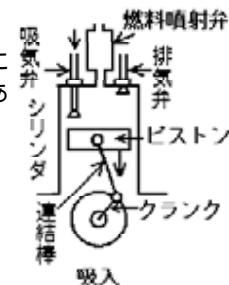
・計測装置：回転速度計、潤滑油の圧力計、温度計、冷却水の温度計

#### (3) 熱効率の計算

火力発電、ディーゼル発電において、消費した燃料の発熱量に対する発生電力を熱量に換算した値の割合を熱効率という。

$$\text{熱効率} = \frac{\text{発電電力量} W [\text{kWh}] \times 3600 [\text{kJ/kWh}]}{\text{燃料消費量} B [\text{kg, l}] \times \text{燃料の発熱量} H [\text{kJ/kg, l}]} \times 100 [\%]$$

$$\text{発電電力量} W [\text{kWh}] = \text{発電機出力} P [\text{kW}] \times \text{運転時間} T [\text{h}]$$



#### 4. その他の発電

##### (1) 太陽電池・風力発電・燃料電池

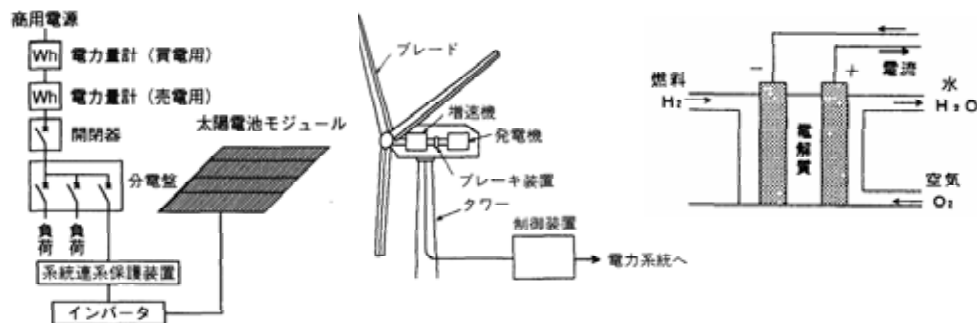
**太陽電池** シリコン半導体(pN接合)に光を当てると、正電荷の正孔と負電荷の電子が生じ、それぞれp形層とN形層に集まり電位差を生じて、直流を直接外部へ取り出す。

太陽エネルギーは1m<sup>2</sup>当たり1kWで変換効率は10～15%

**風力発電** 風力エネルギーの間欠性から一定回転数を保つことが困難なので、周波数や電圧を制御して系統へ連系する。単位面積当たりの風力エネルギーは風速の3乗に比例する。風切り音を考慮する。

**燃料電池** 外部から水素燃料と空気(酸素)を連続供給し、電解液で反応させて電気(直流)を外部に取り出す

- ・効率が40～60%と高い
- ・ガス、振動、騒音の問題がない
- ・反応水蒸気の熱回収ができ、熱供給ができる(コージェネレーションシステム)

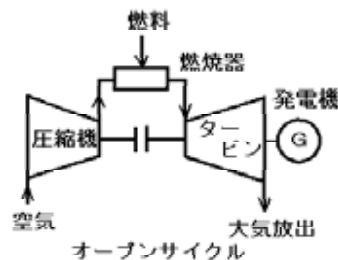


##### (2) ガスタービン発電、コンバインドサイクル発電

**ガスタービン発電** 圧縮空気中に燃料を挿入燃焼させ、その高温高压のガスによってタービンを回転させる。

・出力の半分以上を圧縮機の駆動用として用いるため熱効率は低い(25～30[%])が、始動時間が短く、負荷の急変に対応できるので、ピーク負荷用、非常用電源に適している。

**コンバインドサイクル発電** ガスタービンの排ガスを利用して蒸気タービンを駆動し、プラント全体の熱効率を向上させる発電方式



##### (3) コージェネレーション、系統連系

**コージェネレーション** ディーゼル、ガスタービン、燃料電池を原動機として発電し、同時に発生する排熱を蒸気や温水として回収し、冷暖房や給湯に有効利用する方式

**系統連系(解釈第275, 276条)** 低圧配電線と連系する場合の要件として、電力品質(電圧, 周波数)の面で他の需要家に悪影響を及ぼさないこと。連系点における力率が適正であること。(原則として85%以上)  
系統連系用保護装置の設置  
系統の短絡容量が増大する場合、短絡電流を制限する限流リアクトルの設置

#### 5. 送配電施設

##### (1) 送電線の電気的特性

###### 電気方式

交流方式: 変圧器によって効率よく変圧できるので、送電に広く用いられており、三相交流方式が主流である。

直流方式: 長距離・大電流送電に適しているが、送電端と受電端に交直変換装置が必要である。

###### 電圧降下・電力損失

・三相3線式送配電線路の電圧降下  $v$  は、 $v = \sqrt{3} I (R \cos \phi + X \sin \phi)$

$$= \sqrt{3} \left( \frac{P}{\sqrt{3} V_r \cos \phi} \right) (R \cos \phi + X \sin \phi) = \left( \frac{P}{V_r \cos \phi} \right) (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

・三相3線式送配電線路の損失  $P_\ell$  は

$$P_\ell = 3 I^2 R = 3 \left( \frac{P}{\sqrt{3} V_r \cos \phi} \right)^2 R = \left( \frac{P}{V_r \cos \phi} \right)^2 R$$

##### (2) 架空送配電線路の塩害対策、雷害対策

**がいしの塩害対策** がいしの表面に塩分やじんあいが付着すると、がいし表面でのフラッシュオーバーが発生するので、次のようにして防止する。

- ・がいし数を直列に増加する。
- ・表面漏れ距離の長いがいしにする。
- ・がいしの表面にシリコングリスを塗布する。
- ・がいしの洗浄。

###### 雷害対策

架空地線: 接地した電線を鉄塔の頂部に設け、雷撃を受け止めて大地に放電させる。

**アークホーン:** がいしの表面でフラッシュオーバーを起こすと、アークの熱でがいしが破損する。これを防止するために、がいし装置の両端にアークホーンを設けて、異常電圧が侵入してきたら、アークホーンで放電させる。



#### 6. 変電施設

##### 変電所の設置機器

開閉装置: 断路器, 遮断器(ガス遮断器, 真空遮断器等)

調相設備(無効電力の制御): 電力用コンデンサ, 分路リアクトル等

負荷時タップ切換変圧器: 送電した状態でタップを切換えて、送電電圧を調整

保護装置: 比率差動継電器(変圧器内部故障検出), 過電流継電器, 地絡過電流継電器, 地絡過電圧継電器等