2021年合格目標 電験三種講座 電力 体験教材



目contents 次

第 分冊 教科書編

CHAPTER 01	水力発電 01 発電と水力発電の基本 02 ベルヌーイの定理 03 水力発電所の出力と揚水発電所 04 水車の種類と調速機	15
CHAPTER 02	火力発電 01 火力発電の基本 02 汽力発電の設備と熱サイクル 03 汽力発電の電力と効率の計算 04 燃料と燃焼 05 ガスタービン発電とコンバインドサイクル発電	43 54 76 89 98
CHAPTER 03	原子力発電 01 原子力発電 ····································	11(
CHAPTER 04	その他の発電 01 その他の発電	132
CHAPTER 05	変電所 01 変電所 ···································	149

送雷 CHAPTER 01 複線図と単線図 ………………………………… 179 06 中性点接地 244 **CHAPTER** 03 配電の構成と保護 …………………………… 280 CHAPTER 02 ケーブルの諸量の計算 ……………………… 304 **CHAPTER** 電力計算 **CHAPTER 01** パーセントインピーダンス ………………… 336 02 変圧器の負荷分担 ……………………… 352 03 三相短絡電流 …………………………………… 354 04 電力と電力損失 ………………………… 360 05 線路の電圧降下 ………………………… 368 **06** 充電電流·充電容量·誘電損 ······ 376

CHAPTER	線路計算
11	01 配電線路の計算 ······ 387
CHAPTER	電線のたるみと支線
12	01 電線のたるみと支線 407







CHAPTER CHAPTER

水力発電

CHAPTER 01

水力発電

私たちが普段利用している電気は、発電所でつくられています。水力発電は、水を高いところから落として水車に当てて回転させ、発電するイメージです。その詳しいしくみについて学びます。

このCHAPTERで学習すること

SECTION 01 発電と水力発電の基本

水カ発雷所の種類

- ■水路式発雷所
- 2 ダム式発雷所
- 89ダム水路式発雷所

発電方法の違いや、水力発電の分類 と設備について学びます。

SECTION 02 ベルヌーイの定理

$$h + rac{p}{
ho g} + rac{v^2}{2g} = -$$
定

→つまり 2ヶ所における以下の式は笙しい

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

水力学の基本と、水力発電で重要なベルヌーイの定理について学びます。

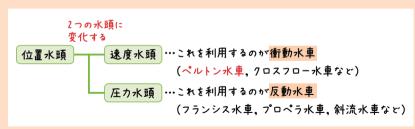
SECTION 03 水力発電所の出力と揚水発電所

理論水力 $P_0 = 9.8QH[kW]$ 水車出力 $P_w = 9.8QH\eta_w = P_0\eta_w[kW]$ 発電機出力 $P_g = 9.8QH\eta_w\eta_g = P_0\eta_w\eta_g[kW]$

年間発電電力量 W=P_g×利用率× 8760 [kW·h]

水力発電所で出力されるエネルギーと、揚水発電所のしくみについて学びます。

SECTION 04 水車の種類と調速機



水車の種類と、水車の回転速度を調整する調速機について学びます。

傾向と対策

出題数

1~3問/20問題

· 計算問題中心

	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1
水力発電	1	1	2	1	3	3	2	3	3	2

ポイント

試験は計算問題が中心ですが、水車の構造や動作に関する知識を問う問題も出題されるため、水車の各部分の名称や役割を理解することが大切です。複雑な計算問題も出題されるため、過去問を繰り返し解き、公式の意味を理解しましょう。エネルギーに関する説明や公式は、CH02以降で学ぶほかの発電方式にも関連するため、理解を深めましょう。



SECTION

01

発電と水力発電の基本

このSECTIONで学習すること

1 発電の基本

水力,火力(汽力),原子力など発電方式の違いについて学びます。

2 水力発電の設備

水力発電の分類と設備について学びます。



1 発電の基本

重要度★★★

日本国内で用いられている発電方式には、以下の方式があります。基本的に、水や蒸気を使って、水車(水で回る原動機)や蒸気タービン(蒸気で回る原動機)を回転させて、その動力を発電機に伝達することによって電力を発生させます。

板書 おもな発電方式 🤍

発電方式	原理	モデル図
●水カ発電	水が高いところから 低いところへ落下す るときのエネルギー で、水車を回転させ て発電する。	水車
②火力発雷 (汽力発電)	燃焼による熱エネルギーによって, 水を蒸気に変え, 蒸気9ービンを回転させて 発電する。	ボイラ
③ 原子力 癸 電	核反応による熱エネルギーを利用して、水を蒸気に変え、蒸気タービンを回転させて発電する。	原子炉圧力容器 蒸気 タービン 水水 の変化 発電機 な水器 水水

SEES



なぜ水車やタービンが回転すると発電できるのか、原理がわからない場合は、理論の電磁誘導や機械の発電機に関係する単元を確認しましょう。

0555



火力発電には、●汽力発電(蒸気のエネルギーを利用した発電)、②内燃力発電(燃焼の爆発力を利用した発電)、③ガスタービン発電(蒸気でなく圧縮空気や燃焼ガスのエネルギーを利用した発電)があり、これらを区別するために汽力発電という言葉が使われることがあります。

2 水力発電の設備

重要度 ★★★

Ⅱ 水力発電の分類

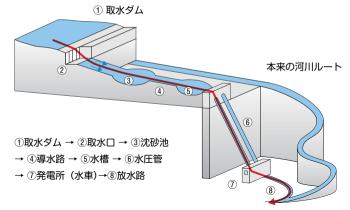
水力発電は、落差のつくり方で以下のように分類できます。

板書 水力発電所の分類 🤍

水カ発電所の種類	説明
11水路式発電	自然河川のこう配から,落差を得る方式
2ずム式発電	ダムを築いて,落差を得る方式
3 ダム水路式発電	■と2の両方で,落差を得る方式

■ 水路式発電

水路式発電は、河川の上流に取水ダム(水を取り入れるためのダム)を設けて 水を取り入れ、河川のこう配による落差を利用して発電する方式をいいます。



取水ダムとは、河川の水をせき止めて取水するダムをいいます。 取水口とは河川の水を取り入れて水路に導くための入口をいい、取水口から水槽までの水の通り路を導水路といいます。水槽は流量の調整をする働きをし、水圧管は水槽から水車(発電所)までの水路をいいます。

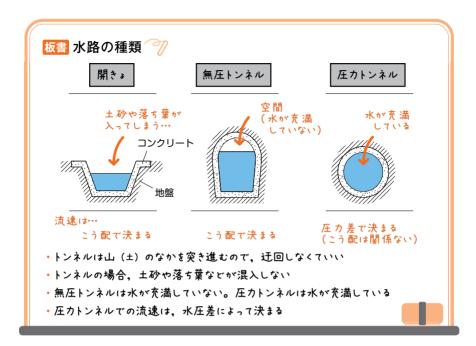
9230

河川は一般的に緩やかに下っています。長い距離をたどって、下流に行く ほど、上流との高低差が生じます。上流で川の水を取り、河川とは別のルートで一気に下流へ落とせば、短い水平距離に対して大きな落差を得ることが できます。



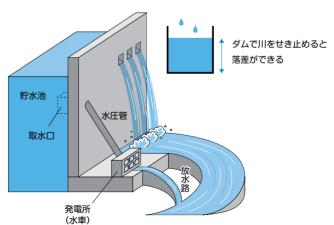
水を高いところから落とすエネルギーで水車を勢いよく回すことができます。これを利用した方式が水路式発電です。

水路の種類には、●開きょ、②無圧トンネル、③圧力トンネルがあります。



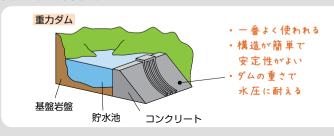
2 ダム式発電

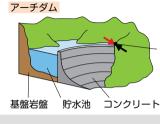
ダム式発電とは、ダムにより川をせき止めることで生じる落差を利用して 発電する方法をいいます。



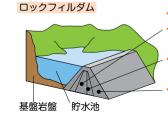
ダムの種類

<u>ダムには、次のような種類があります。ただし、細かな知識であるダムの</u> 種類はあまり出題されません。





- •薄いのでコンクリートの量を 節約できる
- ・両岸の岩盤で水圧に耐える (岩盤が丈夫でないとダメ)



- ・非常に大きいダムになる
- ・水を透さない粘土質の土 (コア)
- ・砂利でコアの両側を保護 (フィルタ)
- ・岩石でコアとフィルタを支える (Dy1)

出典:四国電力



問題集 問題01

Ⅲ ヘッドタンクとサージタンク

■ ヘッドタンクとサージタンク

水槽には、無圧式の水路と水圧管の間に接続されたヘッドタンク(上水槽) と、圧力トンネルと水圧管の間に接続されたサージタンク (調圧水槽) があ ります。





試験では、サージタンクのほうが重要です。

2 水撃作用とサージタンク

水の速さが急激に変化すると、水圧管内の圧力が急激に上昇したり降下したりします。特に、水圧が急激に上昇する場合は、水圧管が破損することがあります。これを水撃作用(ウォーターハンマー)といいます。



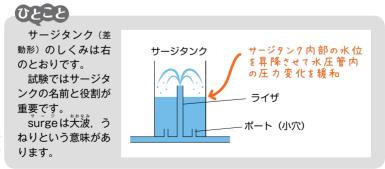
水撃作用 (ウォーターハンマー) とは?

たとえば、先頭の水が急に止まると、車の玉突き事故のような現象が起こります。その結果、あちこちに水がぶつかり、水圧管を破裂させることもあります。水道の蛇口を急にしめたときに「ドン!」と音がするのは水撃作用(ウォーターハンマー)によるものです。





サージタンクは、流量が急変した場合に起こる圧力の変動(水撃作用)に よる、圧力トンネルおよび水圧管内の水圧の変化を軽減し、水圧管を保護す る役目を果たします。





SECTION O

ベルヌーイの定理

このSECTIONで学習すること

1 水力学の基礎

水力発電のしくみを押さえるために、 水力学の基本的な内容や位置エネル ギー、運動エネルギー、圧力エネル ギーを学びます。

2 ベルヌーイの定理

水力発電で重要なベルヌーイの定理について学びます。

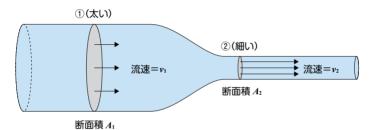
位置水頭+圧力水頭+速度水頭=一定



| 連続の定理

単位時間に任意の断面を通過する水の量を流量といいます。流量は、断面 $積A[m^2] \times 水の速度v[m/s]$ で求めることができます。

水の体積は圧力をかけてもほとんど縮小しないので、下図の断面積 A_1 [\mathbf{m}^2] に流入する流量 Q_1 [\mathbf{m}^3 / \mathbf{s}]と断面積 A_2 [\mathbf{m}^2]から流出する流量 Q_2 [\mathbf{m}^3 / \mathbf{s}]は等しくなります。これを<mark>連続の定理</mark>といいます。



通過する水の量は点①でも点②でも同じはずだから、

流量 $Q_1 = A_1 \times \nu_1$ は等しい($Q_1 = Q_2$)

流量 $Q_2 = A_2 \times \nu_2$

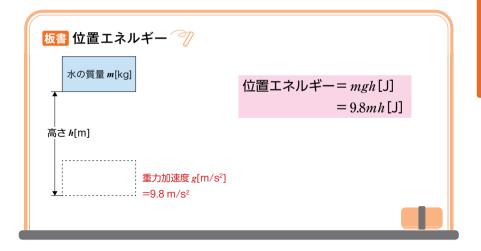
Ⅲ 3つのエネルギーとベルヌーイの定理

水管を流れる水は、**1**位置エネルギー、**2**圧力エネルギー、**3**運動エネルギーを持っています(単位は[J])。この3つのエネルギーの合計は、損失を無視すれば、どの位置で考えても変わりません(エネルギー保存則)。

これを<mark>ベルヌーイの定理</mark>といいます。

1 位置エネルギー

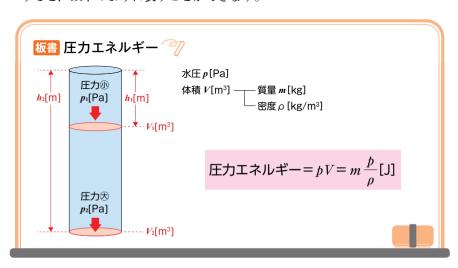
位置エネルギーは、水の質量をm[kg]、水がある位置の高さをh[m]、重力加速度を $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とすると、次のように表すことができます。



位置エネルギーは、水の高さが低くなると、運動エネルギーと圧力エネル ギーに変化します。

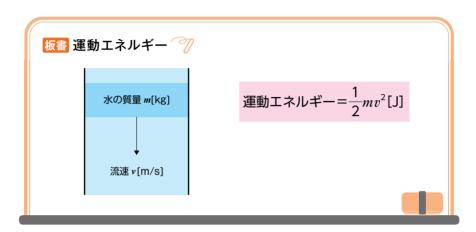
2 圧力エネルギー

下に位置する水には、上に位置する水に押し潰されるような力がかかります。圧力エネルギーは、水圧をp[Pa]、密度を $p[kg/m^3]$ 、質量をm[kg]とすると、以下のように表すことができます。



3 運動エネルギー

運動エネルギーは、水の質量をm[kg]、流速をv[m/s]とすると、次のように表すことができます。





物理の復習(水圧の公式と圧力エネルギーの公式)

- ①物体の質量m[kg]=密度 $\rho[kg/m^3] \times 体積V[m^3]$ だから、体積 $V[m^3]$ を底面積 $A[m^2] \times$ 高さh[m]とすると、水柱の質量mは、

よる加速度
$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$
が入るから、水柱が底面に及ぼす力 $F[N]$ は、 $F = ma = mg = \rho Ahg[N]$ …②

③圧力p[Pa]は、単位面積あたりの力であり、 $p=\frac{F}{A}[Pa]$ で求められるから、水柱による力F[N]を底面積 $A[m^2]$ で割って、水柱による水圧p[Pa]を求めると

$$p = \frac{F}{A} = \frac{\rho A h g}{A} = \rho h g$$
 [Pa] (水圧の公式) …③

となります。これを整理すると,

$$h = \frac{b}{a \sigma} [m]$$

④圧力エネルギーを位置エネルギーと同様に考えて、エネルギーU[J]=質量m[kg]×重力加速度 $g[m/s^2]$ ×高さh[m]より、



$$U = mg' \frac{b}{\rho g'} = m \frac{b}{\rho}$$
[J] (圧力エネルギーの公式) …④

板書 位置水頭・圧力水頭・速度水頭 🤍

3つのエネルギーをmgで割って、水柱の高さに直したものが水頭

②圧カエネルギー
$$m\frac{p}{\rho}$$
 [J] $\xrightarrow{\div mg}$ 圧カ水頭 $\frac{p}{\rho g}$ [m]

③運動エネルギー
$$\frac{1}{2} mv^2 [\mathsf{J}] \xrightarrow{\div mg}$$
 速度水頭 $\frac{v^2}{2g} [\mathsf{m}]$



2 ベルヌーイの定理

重要度★★★

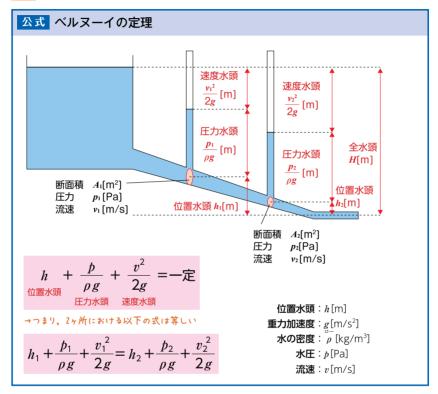
流体とは力を加えると形が変化するような、気体や液体のことです。 完全流体とは非粘性かつ非圧縮性の流体をいいます。

SEES



粘性とは、流体における摩擦のようなものです。コップの水をくるくると回すと、水の渦はいつか止まりますが、これは粘性(粘り気)によるものです。 非圧縮性の流体とは、圧力をかけても縮小しない流体をいいます。

流線に沿って完全流体の水頭を考えたとき, ●位置水頭, ②圧力水頭, ③ 速度水頭の総和はエネルギー保存則によって一定です。これをベルヌーイの 定理といいます。



9558

高校の物理で習うエネルギー保存則は

$$mgh + \frac{1}{2}mv^2 = -$$

(ただし、 $g \equiv m[kg]$ 、重力加速度: $g[m/s^2]$ 、高さ:h[m]、流速:v[m/s])という式で表されますが、流体の場合は以下のようになります。

$$mgh + m\frac{p}{\rho} + \frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2}mv^2$$

(ただし、質量:m[kg],重力加速度: $g[m/s^2]$,高さ:h[m],流速:v[m/s],流体の圧力:p[Pa],流体密度: $\rho[kg/m^3]$)

この両辺をmgで割ると、ベルヌーイの定理になります。





Ⅱ 電線路の分類

電気を輸送する道である**電線路**は、送電線路と配電線路の2つに分類されます。

送電線路とは、発電所から変電所まで、変電所から変電所までの電線路のことをいいます。配電線路とは、変電所から需要家までの電線路のことをいいます。

発電所とは、電気を発生させる場所です。変電所とは、発電所や変電所から送られた電気の電圧や周波数を変え、需要家や他の変電所へ送り出す場所です。需要家とは、電気を消費する人、会社、設備などのことです。

板書 電線路まとめ 🤍

送電線路	配電線路
癸電所~变電所 变電所~变電所	变電所~需要家

- 癸電所 …電気を発生させる場所
- 変電所 ・・・発電所などから送られた電気の電圧などを変えて送り出す場所
- 需要家 …雷気を使う人、会社、設備など
- →送り先が需要家である電線路は配電線路、それ以外は送電線路と覚えてもよいです。

OFER

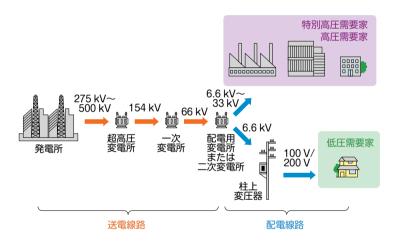
電気を効率よく送るためには、高い電圧で送電するのが効果的です。 そのため、発電所でつくられた電気は、まず500 kV や275 kV といった 超高圧に昇圧されます。

しかし、超高圧の電気を需要家でそのまま使うことはできません。 そのため、需要家に近づくに従い、いくつかの変電所で段階的に降圧する ことで、200 V、100 Vといった普段私たちが使用している電圧の電気を 需要家に供給します。



Ⅲ 電線路の例

発電所から需要家までの送配電線路の例を示すと以下のようになります。



第分冊

問題集編

太陽光発電(2)

SECTION 01

問題58 太陽光発電は、 (ア) を用いて、光のもつエネルギーを電気に変
換している。エネルギー変換時には, (イ) のように (ヴ) を出さない。
すなわち、 (イ) による発電では、数千万年から数億年間の太陽エネル
ギーの照射や、地殻における変化等で優れた燃焼特性になった燃料を電気エ
ネルギーに変換しているが、太陽光発電では変換効率は低いものの、光を電
気エネルギーへ瞬時に変換しており長年にわたる (エ) の積み重ねにより
生じた資源を消費しない。そのため環境への影響は小さい。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、最も適切なものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

(\mathcal{P})	(イ)	(ウ)	(<u>I</u>)
(1) 半導体	化石燃料	排気ガス	環境変化
(2) 半導体	原子燃料	放射線	大気の対流
(3) 半導体	化石燃料	放射線	大気の対流
(4) タービン	化石燃料	廃 熱	大気の対流
(5) タービン	原子燃料	排気ガス	環境変化

H23-A5

	1	2	3	4	(5)
学習日					
理解度 (○/△/×)					

解説

太陽光発電は、(ア)半導体(pn接合半導体)を用いて、光のもつエネルギーを電気に変換している。エネルギー変換時には、(イ)化石燃料(石炭や重油)のように(ウ) 排気ガスを出さない。

すなわち、(イ)**化石燃料**による発電では、数千万年から数億年間の太陽エネルギーの照射や、地殻における変化等で優れた燃焼特性になった燃料を電気エネルギーに変換しているが、太陽光発電では変換効率は低いものの、光を電気エネルギーへ瞬時に変換しており長年にわたる(エ)環境変化の積み重ねにより生じた資源を消費しない。そのため環境への影響は小さい。

よって. (1)が正解。

解答… (1)

R バイオマス発電

SECTION 01

問題65 バイオマス発電は、植物等の (ア) 性資源を用いた発電と定義することができる。森林樹木、サトウキビ等はバイオマス発電用のエネルギー作物として使用でき、その作物に吸収される (イ) 量と発電時の (イ) 発生量を同じとすることができれば、環境に負担をかけないエネルギー源となる。ただ、現在のバイオマス発電では、発電事業として成立させるためのエネルギー作物等の (ウ) 確保の問題や (エ) をエネルギーとして消費することによる作物価格への影響が課題となりつつある。

上記の記述中の空白箇所(ア), (イ), (ウ)及び(エ)に当てはまる語句として,正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(7	P)	(1)	(ウ)	(\underline{x})
(1)	無	機	二酸化炭素	量的	食料
(2)	無	機	窒素化合物	量的	肥料
(3)	有	機	窒素化合物	質的	肥料
(4)	有	機	二酸化炭素	質 的	肥料
(5)	有	機	二酸化炭素	量的	食料

H21-A5

	1	2	3	4	(5)
学習日					
理解度 (○/△/×)					

解説

バイオマス発電は、植物等の(ア)有機性資源を用いた発電と定義することができる。森林樹木、サトウキビ等はバイオマス発電用のエネルギー作物として使用でき、その作物に吸収される(イ)二酸化炭素量と発電時の(イ)二酸化炭素発生量を同じとすることができれば、環境に負担をかけないエネルギー源となる。ただ、現在のバイオマス発電では、発電事業として成立させるためのエネルギー作物等の(ウ)量的確保の問題や(エ)食料をエネルギーとして消費することによる作物価格への影響が課題となりつつある。

よって、(5)が正解。

解答… (5)