

令和 3 年度

# 第 3 種 電 力

(第 2 時限目)

## 答案用紙記入上の注意事項等

1. マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので、濃度HBの鉛筆又はHBの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶしてください。

色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。

なお、訂正は「プラスチック消しゴム」できれいに消し、消しくずを残さないでください。

2. マークシートには、カナ氏名、受験番号、試験地が印字されています。受験票と照合の上、氏名、生年月日を記入してください。

マークシートに印字してある

- ・カナ氏名
- ・受験番号
- ・試験地

を受験票と照合の上、記入してください。

氏 名	
生年月日	
カナ氏名 (字数制限の省略あり)	印字あり
試験地	印字あり

受 験 番 号				
印	字	あ	り	

3. マークシートの余白及び裏面には、何も記入しないでください。
4. マークシートは、折り曲げたり汚したりしないでください。

5. 問題の解答の選択肢は(1)から(5)まであります。その中から一つ選びマークシートの解答欄にマークしてください。

なお、二つ以上マークした場合には、採点されません。

(解答記入例)

問1 日本で一番高い山として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 大雪山      (2) 浅間山      (3) 富士山      (4) 立 山      (5) 阿蘇山

正解は「(3)」ですから、マークシートには

問題 番号	選 択 肢 番 号
1	(1) (2) ● (4) (5)

のように選択肢番号の枠内を塗りつぶしてください。

6. 問題文で単位を付す場合

① 数字と組み合わせる場合は、数字と単位の間をあける。

(例： 350 W       $f=50$  Hz      670 k V・A)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例：  $I$ [A]    抵抗  $R$ [ $\Omega$ ]    面積は  $S$ [m<sup>2</sup>])

(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

### 第 3 種

# 電 力

## A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 次の文章は、水力発電所の種類に関する記述である。

水力発電所は (ア) を得る方法により分類すると、水路式、ダム式、ダム水路式があり、 (イ) の利用方法により分類すると、流込み式、調整池式、貯水池式、揚水式がある。

一般的に、水路式はダム式、ダム水路式に比べ (ウ) 。貯水ができないので発生電力の調整には適さない。ダム式発電では、ダムに水を蓄えることで (イ) の調整ができるので、電力需要が大きいときにあわせて運転することができる。

河川の自然の流れをそのまま利用して発電する方式を (エ) 発電という。貯水池などを持たない水路式発電所がこれに相当する。

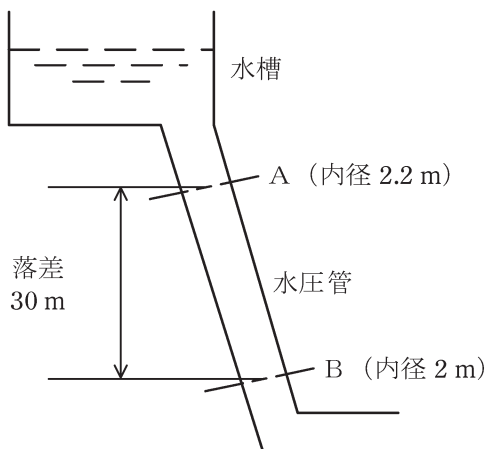
1 日又は数日程度の河川流量を調整できる大きさを持つ池を持ち、電力需要が小さいときにその池に蓄え、電力需要が大きいときに放流して発電する方式を (オ) 発電という。自然の湖や人工の湖などを用いてもっと長期間の需要変動に応じて河川流量を調整・使用する方式を貯水池式発電という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	落差	流速	建設期間が長い	調整池式	ダム式
(2)	流速	落差	建設期間が短い	調整池式	ダム式
(3)	落差	流量	高落差を得にくい	流込み式	揚水式
(4)	流量	落差	建設費が高い	流込み式	調整池式
(5)	落差	流量	建設費が安い	流込み式	調整池式

問2 図で、水圧管内を水が充満して流れている。断面Aでは、内径 2.2 m、流速 3 m/s、圧力 24 kPa である。このとき、断面Aとの落差が 30 m、内径 2 m の断面 Bにおける流速[m/s]と水圧[kPa]の最も近い値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、重力加速度は  $9.8 \text{ m/s}^2$ 、水の密度は  $1000 \text{ kg/m}^3$ 、円周率は 3.14 とする。



	流速[m/s]	水圧[kPa]
(1)	3.0	318
(2)	3.0	316
(3)	3.6	316
(4)	3.6	310
(5)	4.0	300

問3 汽力発電におけるボイラ設備に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) ボイラを水の循環方式によって分けると、自然循環ボイラ、強制循環ボイラ、貫流ボイラがある。
- (2) 蒸気ドラム内には汽水分離器が設置されており、蒸発管から送られてくる飽和蒸気と水を分離する。
- (3) 空気予熱器は、煙道ガスの余熱を燃焼用空気に回収することによって、ボイラ効率を高めるための熱交換器である。
- (4) 節炭器は、煙道ガスの余熱を利用してボイラ給水を加熱することによって、ボイラ効率を高めるためのものである。
- (5) 再熱器は、高圧タービンで仕事をした蒸気をボイラに戻して再加熱し、再び高圧タービンで仕事をさせるためのもので、熱効率の向上とタービン翼の腐食防止のために用いられている。

問4 次の文章は、電気集じん装置に関する記述である。

火力発電所で発生する灰じんなどの微粒子は、電気集じん装置により除去される。典型的な電気集じん装置は、集じん電極である (ア) の間に放電電極である (イ) を置いた構造である。電極間の (ウ) によって発生した (エ) 放電により生じたイオンで微粒子を帯電させ、クーロン力によって集じん電極で捕集する。集じん電極に付着した微粒子は一般的に、集じん電極 (オ) 取り除く。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	線電極	平板電極	高電圧	コロナ	に風を吹きつけて
(2)	線電極	平板電極	大電流	アーク	を槌でたたいて
(3)	平板電極	線電極	大電流	アーク	に風を吹きつけて
(4)	平板電極	線電極	高電圧	コロナ	を槌でたたいて
(5)	平板電極	線電極	大電流	コロナ	を槌でたたいて

問5 原子力発電に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 原子力発電は、原子燃料の核分裂により発生する熱エネルギーで水を蒸気に変え、その蒸気で蒸気タービンを回し、タービンに連結された発電機で発電する。
- (2) 軽水炉は、減速材に黒鉛、冷却材に軽水を使用する原子炉であり、原子炉圧力容器の中で直接蒸気を発生させる沸騰水型と、別置の蒸気発生器で蒸気を発生させる加圧水型がある。
- (3) 軽水炉は、天然ウラン中のウラン 235 の濃度を 3～5 %程度に濃縮した低濃縮ウランを原子燃料として用いる。
- (4) 核分裂反応を起こさせるために熱中性子を用いる原子炉を熱中性子炉といい、軽水炉は熱中性子炉である。
- (5) 沸騰水型原子炉の出力調整は、再循環ポンプによる冷却材再循環流量の調節と制御棒の挿入及び引き抜き操作により行われ、加圧水型原子炉の出力調整は、一次冷却材中のほう素濃度の調節と制御棒の挿入及び引き抜き操作により行われる。



問6 分散型電源に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 太陽電池で発生した直流の電力を交流系統に接続する場合は、インバータにより直流を交流に変換する。連系保護装置を用いると、系統の停電時などに電力の供給を止めることができる。
- (2) 分散型電源からの逆潮流による系統電圧上昇を抑制する手段として、分散型電源の出力抑制や、電圧調整器を用いた電圧の制御などが行われる。
- (3) 小水力発電では、河川や用水路などでの流込み式発電が用いられる場合が多い。
- (4) 洋上の風力発電所と陸上の系統の接続では、海底ケーブルによる直流送電が用いられることがある。ケーブルでの直流送電のメリットとして、誘電損を考慮しなくてよいことなどが挙げられる。
- (5) 一般的な燃料電池発電は、水素と酸素との吸熱反応を利用して電気エネルギーを作る発電方式であり、負荷変動に対する応答が早い。

問 7 次の文章は、変電所の計器用変成器に関する記述である。

計器用変成器は、(ア) と変流器とに分けられ、高電圧あるいは大電流の回路から計器や (イ) に必要な適切な電圧や電流を取り出すために設置される。変流器の二次端子には、常に (ウ) インピーダンスの負荷を接続しておく必要がある。また、一次端子のある変流器は、その端子を被測定線路に (エ) に接続する。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	主変圧器	避雷器	高	縦続
(2)	CT	保護継電器	低	直列
(3)	計器用変圧器	遮断器	中	並列
(4)	CT	遮断器	高	縦続
(5)	計器用変圧器	保護継電器	低	直列

問 8 変電所の断路器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 断路器は消弧装置をもたないため、負荷電流の遮断を行うことはできない。
- (2) 断路器は機器の点検や修理の際、回路を切り離すのに使用する。断路器で回路を開く前に、まず遮断器で故障電流や負荷電流を切る必要がある。
- (3) 断路器を誤って開くと、接触子間にアークが発生し、焼損や短絡事故を生じることがある。
- (4) 断路器の種類によっては、短い線路や母線の地絡電流の遮断が可能な場合がある。
- (5) 断路器の誤操作防止のため、一般にインタロック装置が設けられている。

問 9 1 台の定格容量が  $20 \text{ MV} \cdot \text{A}$  の三相変圧器を 3 台有する配電用変電所があり、その総負荷が  $55 \text{ MW}$  である。変圧器 1 台が故障したときに、残りの変圧器の過負荷運転を行い、不足分を他の変電所に切り換えることにより、故障発生前と同じ電力を供給したい。この場合、他の変電所に故障発生前の負荷の何%を直ちに切り換える必要があるか、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。ただし、残りの健全な変圧器は、変圧器故障時に定格容量の 120 % の過負荷運転をすることとし、力率は常に 95 % (遅れ) で変化しないものとする。

- (1) 6.2              (2) 10.0              (3) 12.1              (4) 17.1              (5) 24.2

問 10 次の文章は、がいしの塩害とその対策に関する記述である。

風雨などによってがいし表面に塩分が付着すると、アが発生することがあり、可聴雑音や電波障害、フラッシュオーバーの原因となる。これをがいしの塩害という。がいしの塩害対策は、塩害の少ない送電ルートを選定、がいしの絶縁強化、がいしの洗浄、がいし表面へのイ性物質の塗布が挙げられる。

懸垂がいしにおいて、絶縁強化を図るには、がいしをウに連結する個数を増やす方法や、がいしの表面漏れ距離をエする方法が用いられる。

また、懸垂がいしと異なり、棒状磁器の両端に連結用金具を取り付けた形状のオがいしは、雨洗効果が高く、塩害に対し絶縁性が高い。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	漏れ電流	はっ水	直列	長く	長幹
(2)	過電圧	吸湿	直列	短く	ピン
(3)	漏れ電流	吸湿	並列	短く	長幹
(4)	過電圧	はっ水	並列	長く	長幹
(5)	漏れ電流	はっ水	直列	短く	ピン

問 11 地中送電線路に使用される電力ケーブルの許容電流に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 電力ケーブルの絶縁体やシースの熱抵抗，電力ケーブル周囲の熱抵抗といった各部の熱抵抗を小さくすることにより，ケーブル導体の発熱に対する導体温度上昇量を低減することができるため，許容電流を大きくすることができる。
- (2) 表皮効果が大きいケーブル導体を採用することにより，導体表面側での電流を流れやすくして導体全体での電気抵抗を低減することができるため，許容電流を大きくすることができる。
- (3) 誘電率，誘電正接の小さい絶縁体を採用することにより，絶縁体での発熱の影響を抑制することができるため，許容電流を大きくすることができる。
- (4) 電気抵抗率の高い金属シース材を採用することにより，金属シースに流れる電流による発熱の影響を低減することができるため，許容電流を大きくすることができる。
- (5) 電力ケーブルの布設条数(回線数)を少なくすることにより，電力ケーブル相互間の発熱の影響を低減することができるため，1 条当たりの許容電流を大きくすることができる。

問 12 単相 3 線式配電方式は、1 線の中性線と、中性線から見て互いに逆位相の電圧である 2 線の電圧線との 3 線で供給する方式であり、主に低圧配電線路に用いられる。100/200 V 単相 3 線式配電方式に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 電線 1 線当たりの抵抗が等しい場合、中性線と各電圧線の間に負荷を分散させることにより、単相 2 線式と比べて配電線の電圧降下を小さくすることができる。
- (2) 中性線と各電圧線の間に接続する各負荷の容量が不平衡な状態で中性線が切断されると、容量が大きい側の負荷にかかる電圧は低下し、反対に容量が小さい側の負荷にかかる電圧は高くなる。
- (3) 中性線と各電圧線の間に接続する各負荷の容量が不平衡であると、平衡している場合に比べて電力損失が増加する。
- (4) 単相 100 V 及び単相 200 V の 2 種類の負荷に同時に供給することができる。
- (5) 許容電流の大きさが等しい電線を使用した場合、電線 1 線当たりの供給可能な電力は、単相 2 線式よりも小さい。

問 13 次の文章は、我が国の高低圧配電系統における保護に関する記述である。

6.6 kV 高圧配電線に短絡や地絡などの事故が生じたとき、直ちに事故の発生した高圧配電線を切り離すために、(ア) と保護継電器が配電用変電所の高圧配電線引出口に設置されている。

樹枝状方式の高圧配電線で事故が生じた場合、事故が発生した箇所の変電所側直近及び変電所から離れた側の (イ) 開閉器を開放することにより、事故が発生した箇所を高圧配電線系統から切り離す。

柱上変圧器には、変圧器内部及び低圧配電系統内での短絡事故による過電流保護のために高圧カットアウトが設けられているほか、落雷などによる外部異常電圧から保護するために、避雷器を変圧器に対して (ウ) に設置する。

(エ) は低圧配電線から低圧引込線への接続点などに設けられ、低圧引込線で生じた短絡事故などを保護している。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	高圧ヒューズ	区分	直列	配線用遮断器
(2)	遮断器	区分	並列	ケッチヒューズ(電線ヒューズ)
(3)	遮断器	区分	直列	配線用遮断器
(4)	高圧ヒューズ	連系	並列	ケッチヒューズ(電線ヒューズ)
(5)	遮断器	連系	直列	ケッチヒューズ(電線ヒューズ)



問 14 送電線路に用いられる導体に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 導体の導電率は、温度が高くなるほど小さくなる傾向があり、20℃での標準軟銅の導電率を100%として比較した百分率で表される。
- (2) 導体の材料特性としては、導電率や引張強さが大きく、質量や線熱膨張率が小さいことが求められる。
- (3) 導体の導電率は、不純物成分が少ないほど大きくなる。また、単金属と比較して、同じ金属元素を主成分とする合金の方が、一般に導電率は小さくなるが、引張強さは大きくなる。
- (4) 地中送電ケーブルの銅導体には、伸びや可とう性に優れる軟銅より線が用いられ、架空送電線の銅導体には引張強さや耐食性の優れる硬銅より線が用いられている。一般に導電率は、軟銅よりも硬銅の方が大きい。
- (5) 鋼心アルミより線は、中心に亜鉛めっき鋼より線を配置し、その周囲に硬アルミより線を配置した構造を有している。この構造は、必要な導体の電気抵抗に対して、アルミ導体を使用する方が、銅導体を使用するよりも断面積が大きくなるものの軽量にできる利点と、必要な引張強さを鋼心で補強して得ることができる利点を活用している。

**B問題**(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 ある火力発電所にて, 定格出力 350 MW の発電機が下表に示すような運転を行ったとき, 次の(a) 及び(b) の間に答えよ。ただし, 所内率は2 %とする。

発電機の運転状態

時刻	発電機出力 [MW]
0 時～7 時	130
7 時～12 時	350
12 時～13 時	200
13 時～20 時	350
20 時～24 時	130

(a) 0 時から 24 時の間の送電端電力量の値[MW・h]として, 最も近いものを次の

(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 4 660            (2) 5 710            (3) 5 830            (4) 5 950            (5) 8 230

(b) 0 時から 24 時の間に発熱量 54.70 MJ/kg の LNG(液化天然ガス)を 770 t 消費したとすると, この間の発電端熱効率の値[%]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 44            (2) 46            (3) 48            (4) 50            (5) 52

問 16 支持点の高さが同じで径間距離 150 m の架空電線路がある。電線の質量による荷重が 20 N/m, 線膨張係数は  $1^{\circ}\text{C}$  につき 0.000 018 である。電線の導体温度が  $-10^{\circ}\text{C}$  のとき, たるみは 3.5 m であった。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。ただし, 張力による電線の伸縮はないものとし, その他の条件は無視するものとする。

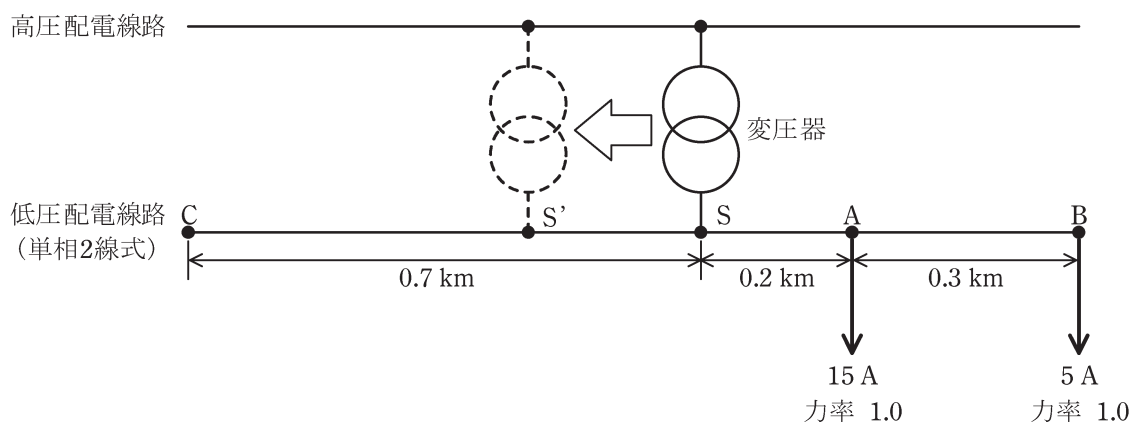
(a) 電線の導体温度が  $35^{\circ}\text{C}$  のとき, 電線の支持点間の実長の値[m]として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 150.18      (2) 150.23      (3) 150.29      (4) 150.34      (5) 151.43

(b) (a) と同じ条件のとき, 電線の支持点間の最低点における水平張力の値[N]として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 6 272      (2) 12 863      (3) 13 927      (4) 15 638      (5) 17 678

問 17 図のように、高压配電線路と低压单相 2 線式配電線路が平行に施設された設備において、1 次側が高压配電線路に接続された変圧器の 2 次側を低压单相 2 線式配電線路の S 点に接続して、A 点及び B 点の負荷に電力を供給している。S 点における線間電圧を  $107\text{ V}$ 、電線 1 線当たりの抵抗及びリアクタンスをそれぞれ  $0.3\ \Omega/\text{km}$  及び  $0.4\ \Omega/\text{km}$  としたとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。なお、計算においては各点における電圧の位相差が十分に小さいものとして適切な近似を用いること。



(a) B 点における S 点に対する電圧降下率の値[%]として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。ただし、電圧降下率は B 点受電端電圧基準によるものとする。

- (1) 1.57      (2) 3.18      (3) 3.30      (4) 7.75      (5) 16.30

(b) C 点に電流  $20\text{ A}$ 、力率  $0.8$ (遅れ)の負荷が新設されるとき、変圧器を移動して单相 2 線式配電線路への接続点を S 点から S' 点に変更することにより、B 点及び C 点における線間電圧の値が等しくなるようにしたい。このときの S 点から S' 点への移動距離の値[km]として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.213      (2) 0.296      (3) 0.325      (4) 0.334      (5) 0.528