

電

力

第 3 種

A 問題 (配点は 1 問題当たり 5 点)

問 1 水力発電所の理論水力 P は位置エネルギーの式から $P = \rho g Q H$ と表される。
 ここで $H[\text{m}]$ は有効落差, $Q[\text{m}^3/\text{s}]$ は流量, g は重力加速度 $= 9.8 \text{ m/s}^2$, ρ は水の密度 $= 1000 \text{ kg/m}^3$ である。以下に理論水力 P の単位を検証することとする。なお, Pa は「パスカル」, N は「ニュートン」, W は「ワット」, J は「ジュール」である。
 $P = \rho g Q H$ の単位は ρ , g , Q , H の単位の積であるから, $\text{kg/m}^3 \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ となる。これを変形すると, $(ア) \cdot \text{m/s}$ となるが, $(ア)$ は力の単位 $(イ)$ と等しい。すなわち $P = \rho g Q H$ の単位は $(イ) \cdot \text{m/s}$ となる。ここで $(イ) \cdot \text{m}$ は仕事(エネルギー)の単位である $(ウ)$ と等しいことから $P = \rho g Q H$ の単位は $(ウ) / \text{s}$ と表せ, これは仕事率(動力)の単位である $(エ)$ と等しい。ゆえに, 理論水力 $P = \rho g Q H$ の単位は $(エ)$ となるが, 重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ と水の密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ の数値 9.8 と 1000 を考慮すると $P = 9.8 Q H [(オ)]$ と表せる。

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)	$\text{kg} \cdot \text{m}$	Pa	W	J	kJ
(2)	$\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$	N	J	W	kW
(3)	$\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$	Pa	J	W	kW
(4)	$\text{kg} \cdot \text{m}$	N	J	W	kW
(5)	$\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$	N	W	J	kJ

問2 汽力発電設備において、タービン出力が 175 MW、蒸気タービンの効率が 92 %で、タービン入口における蒸気のエンタルピーが 32 500 kJ/kg、復水器入口における蒸気のエンタルピーが 30 800 kJ/kg であるとき、このタービンの使用蒸気量の値[t/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) 86

(2) 112

(3) 248

(4) 341

(5) 403

問3 汽力発電設備において、水、蒸気、燃焼ガスが、ボイラ及びタービンを構成する主要設備を通過する一般的な順序の記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)	水：	給水ポンプ	→	節炭器	→	蒸気ドラム
(2)	蒸気：	蒸気ドラム	→	過熱器	→	高圧タービン
(3)	蒸気：	再熱器	→	低圧タービン	→	復水器
(4)	燃焼ガス：	火炉	→	過熱器	→	節炭器
(5)	燃焼ガス：	節炭器	→	電気集じん装置	→	空気予熱器

問4 次の文章は、原子力発電における原子燃料サイクルに関する記述である。

天然ウランには主に質量数 235 と 238 の同位体があるが、原子力発電所の燃料として有用な核分裂性物質のウラン 235 の割合は、全体の 0.7 % 程度にすぎない。そこで、採鉱されたウラン鉱石は製錬、転換されたのち、遠心分離法などによって、ウラン 235 の濃度が軽水炉での利用に適した値になるように濃縮される。その濃度は (ア) % 程度である。さらに、その後、再転換、加工され、原子力発電所の燃料となる。

原子力発電所から取り出された使用済燃料からは、(イ) によってウラン、プルトニウムが分離抽出され、これらは再び燃料として使用することができる。プルトニウムはウラン 238 から派生する核分裂性物質であり、ウランとプルトニウムとを混合した (ウ) を軽水炉の燃料として用いることをプルサーマルという。

また、軽水炉の転換比は 0.6 程度であるが、高速中性子によるウラン 238 のプルトニウムへの変換を利用した (エ) では、消費される核分裂性物質よりも多くの量の新たな核分裂性物質を得ることができる。

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)	3～5	再処理	MOX 燃料	高速増殖炉
(2)	3～5	再処理	イエローケーキ	高速増殖炉
(3)	3～5	再加工	イエローケーキ	新型転換炉
(4)	10～20	再処理	イエローケーキ	高速増殖炉
(5)	10～20	再加工	MOX 燃料	新型転換炉

問5 次の文章は、バイオマス発電に関する記述である。

バイオマス発電は、植物等の (ア) 物から得られる燃料を利用した発電と定義することができ、燃料の代表的なものには、木くずから得られる (イ) やさとうきびから得られるエタノールがある。植物から燃料を得る場合、その植物に吸収される (ウ) 量と発電時の (エ) 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。バイオマス発電の設備は、一般的に (エ) である。

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)	無機	固形化燃料	二酸化炭素	小規模分散型
(2)	無機	メタン	窒素化合物	小規模分散型
(3)	有機	メタン	窒素化合物	大規模集中型
(4)	有機	メタン	二酸化炭素	大規模集中型
(5)	有機	固形化燃料	二酸化炭素	小規模分散型

問6 ガス絶縁開閉装置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) 絶縁性能の高いガスを用いることで装置を小形化でき、気中絶縁の装置を用いた変電所と比較して、変電所の体積と面積を大幅に縮小できる。
- (2) 我が国では、ガス絶縁開閉装置の保守や廃棄の際、絶縁ガスの大部分は回収されている。
- (3) ガス絶縁開閉装置の絶縁ガスは、大気圧以下の SF_6 ガスである。
- (4) ガス絶縁開閉装置の金属容器内部に、金属異物が混入すると、絶縁性能が低下することがあるため、製造時や据え付け時には、金属異物が混入しないよう、細心の注意が払われる。
- (5) ガス絶縁開閉装置の充電部を支持するスペーサにはエポキシ等の樹脂が用いられる。

問7 分散型電源の配電系統連系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) 大規模太陽光発電等の分散型電源が連系した場合、配電用変電所に設置されている変圧器に逆向きの潮流が増加し、配電線の電圧が上昇する場合がある。
- (2) 太陽光発電や燃料電池発電等の電源は、電力変換装置を用いて電力系統に連系されるため、高調波電流の流出を抑制するフィルタ等の設置が必要になることがある。
- (3) 分散型電源からの逆潮流による系統電圧の上昇を抑制するために、受電点の力率は系統側から見て進み力率とする。
- (4) 比較的大容量の分散型電源を連系する場合は、専用線による連系や負荷分割等配電系統側の増強が必要になることがある。
- (5) 分散型電源からの逆潮流等により他の低圧需要家の電圧が適正値を維持できない場合は、ステップ式自動電圧調整器(SVR)を設置する等の対策が必要になることがある。

問8 架空送電線路の構成部品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) 鋼心アルミより線は、アルミ線を使用することで質量を小さくし、これによる強度の不足を、鋼心を用いることで補ったものである。
- (2) がいしは、電線と鉄塔などの支持物との間を絶縁するために使用する。雷撃などの異常電圧による絶縁破壊は、がいし内部で起こるように設計されている。
- (3) 架空送電線におけるねん架とは、送電線各相の作用インダクタンスと作用静電容量を平衡させるために行われるもので、ジャンパ線を用いて電線の配置を入れ替えることができる。
- (4) 電線の微風振動やギャロッピングを抑制するために、電線にダンパを取り付け、振動エネルギーを吸収する方法がとられる。
- (5) 送電線やがいしを雷撃などの異常電圧から保護するための設備に架空地線がある。架空地線には、光ファイバを内蔵し電力用通信線として使用されるものもある。

問9 次の文章は、架空送電線路に関する記述である。

架空送電線路が通信線路に接近していると、通信線路に電圧が誘導されて設備やその取扱者に危害を及ぼす等の障害が生じるおそれがある。この障害を誘導障害といい、次の2種類がある。

- ① 架空送電線路の電圧により通信線路に誘導電圧を発生させる (ア) 障害。
 ② 架空送電線路の電流が、架空送電線路と通信線路間の (イ) を介して通信線路に誘導電圧を発生させる (ウ) 障害。

三相架空送電線路が十分にねん架されていれば、平常時は、電圧や電流によって通信線路に現れる誘導電圧は (エ) となるので0Vとなる。三相架空送電線路に (オ) 事故が生じると、電圧や電流は不平衡になり、通信線路に誘導電圧が現れ、誘導障害が生じる。

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)	磁気誘導	誘導リアクタンス	ファラデー	大きさの差	三相短絡
(2)	静電誘導	自己インダクタンス	電磁誘導	大きさの和	1線地絡
(3)	静電誘導	相互インダクタンス	電磁誘導	ベクトルの和	1線地絡
(4)	磁気誘導	相互インダクタンス	電荷誘導	ベクトルの和	三相短絡
(5)	磁気誘導	誘導リアクタンス	ファラデー	ベクトルの差	2線地絡

問 10 地中送電線路に使用される各種電力ケーブル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) OF ケーブルは、絶縁体として絶縁紙と絶縁油を組み合わせた油浸紙絶縁ケーブルである。OF ケーブルには油通路が設けられており、絶縁油の加圧によりボイドの発生を抑制して絶縁強度を確保するための給油設備が必要である。
- (2) CV ケーブルは、絶縁体として架橋ポリエチレンを使用したケーブルである。架橋ポリエチレンは、ポリエチレンの分子構造を架橋反応により立体網目状分子構造とすることで、熱可塑性を大幅に向上させた絶縁材料である。
- (3) CV ケーブルは、OF ケーブルと比較して給油設備が不要であり、保守性に優れている。一方で、水トリの発生による絶縁劣化があるため、CV ケーブルには金属シースや遮水層を設ける場合がある。
- (4) CVT ケーブルは、単心 CV ケーブル 3 条をより合わせたトリプレックス形 CV ケーブルであり、3 心共通シース形 CV ケーブルと比較してケーブルの熱抵抗が小さいため電流容量を大きくできるとともに、ケーブルの接続作業性がよい。
- (5) OF ケーブルは、油圧の常時監視によって金属シースや鋼管の欠陥、外傷などに起因する漏油を検知することで、油圧の異常低下による絶縁破壊事故の未然防止を図ることができる。

問 11 100/200 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) 単相 200 V 負荷の使用が可能である。
- (2) 配電容量が等しい場合、100 V 単相 2 線式配電方式より電線の銅量が少なく
てすむ。
- (3) バランサは、電源の近くに設ける方が効果大きい。
- (4) 負荷の分布によっては、負荷電圧が不平衡になることがある。
- (5) 中性線が断線すると、異常電圧を発生することがある。

問 12 ある架空電線路の支持点間は 200 m ，たるみは 3.0 m である。この架空電線路の電線と単位長さあたりの重量が同じ電線を用い，この架空電線路と同じ水平方向の引張強さで支持点間 240 m を架線する。このときの電線の実長 $L[\text{m}]$ 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，いずれの架空電線路においても二つの支持点の高さは同一とする。

- (1) 240.04 (2) 240.05 (3) 240.14 (4) 240.21 (5) 240.25

問 13 三相 3 線式配電線により遅れ力率 70 %, W_1 [kW] の負荷に電力を供給している。負荷が遅れ力率 91 %, W_2 [kW] に変化したが生路損失は変わらなかった。 W_2 は W_1 の何倍か。最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。ただし、負荷の端子電圧は変わらないものとする。

- (1) 0.77 (2) 1.3 (3) 2.3 (4) 1.1 (5) 1.7

問 14 六ふつ化硫黄(SF_6)ガス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) アーク放電の消弧能力は、空気よりも優れている。
- (2) 比重は空気よりも大きく、化学的に安定した不燃性のガスであるが、特有の臭いがある。
- (3) オゾン層への影響は無視できるが、地球温暖化への影響が大きいガスである。
- (4) ガス遮断器やガス絶縁変圧器の絶縁媒体として利用される。
- (5) 絶縁破壊電圧は、同じ圧力の空気と比較すると高い。

B問題 (配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 図の流況曲線を持つ河川の全流量を使用できる調整池式水力発電所において, 発電所の使用流量 $[\text{m}^3/\text{s}]$ と調整池の有効貯水容量 $[\text{m}^3]$ について, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

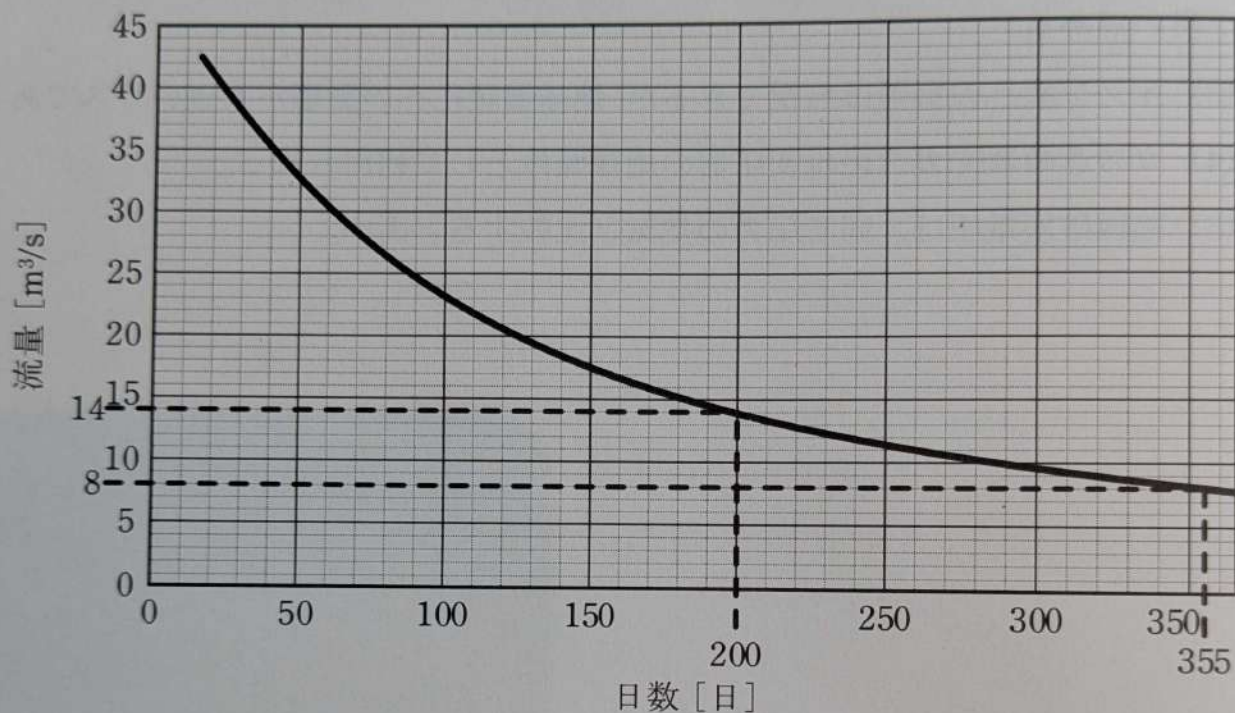


図 流況曲線

(a) 1日単位の調整運転を行う場合、上記流況曲線の渇水量 $8 \text{ m}^3/\text{s}$ において、1日に6時間の運転を可能とする最大の使用流量 $[\text{m}^3/\text{s}]$ と、当該時間外に調整池に流入する貯水量 $[\text{m}^3]$ の組合せとして、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ここで、当該6時間の最大使用流量での運転以外の時間は、水車・発電機を停止して調整池に河川の全流量を貯水するものとする。

	最大使用流量 $[\text{m}^3/\text{s}]$	貯水量 $[\text{m}^3]$
(1)	22.8	410 400
(2)	28.8	518 400
(3)	34.8	518 400
(4)	28.8	410 400
(5)	32.0	518 400

(b) 上記流況曲線で200日以上発生する流量において、小問(a)の最大使用流量で1日8時間の運転を可能とするための有効貯水容量 $[\text{m}^3]$ として、最も小さいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 420 000 (2) 500 000 (3) 440 000 (4) 460 000 (5) 520 000

問 16 変電所に設置された一次電圧 66 kV, 二次電圧 22 kV, 容量 50 MV・A の三相変圧器に, 22 kV の無負荷の線路が接続されている。その線路が, 変電所から負荷側 500 m の地点で三相短絡を生じた。

三相変圧器の結線は, 一次側と二次側が Y-Y 結線となっている。

ただし, 一次側からみた変圧器の 1 相当当たりの抵抗は 0.05Ω , リアクタンスは 7Ω , 故障が発生した線路の 1 線当たりのインピーダンスは $(0.20 + j0.45)\Omega/\text{km}$ とし, 変圧器一次電圧側の線路インピーダンス及びその他の値は無視するものとする。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

(a) 短絡電流の値 [kA] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 21.8 (2) 10.5 (3) 12.6 (4) 6.5 (5) 17.3

(b) 短絡前に, 22 kV に保たれていた三相変圧器の母線の線間電圧は, 三相短絡故障したとき, 何 kV に低下するか。電圧の値 [kV] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 8.70 (2) 2.72 (3) 5.37 (4) 1.34 (5) 4.71

問 17 定格容量 $750 \text{ kV}\cdot\text{A}$ の三相変圧器に遅れ力率 0.9 の三相負荷 500 kW が接続されている。

この三相変圧器に新たに遅れ力率 0.8 の三相負荷 200 kW を接続する場合、次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

(a) 負荷を追加した後の無効電力の値 [kvar] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 472 (2) 525 (3) 339 (4) 392 (5) 610

(b) この変圧器の過負荷運転を回避するために、変圧器の二次側に設置が必要な最小の電力用コンデンサ容量の値 [kvar] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 70 (2) 256 (3) 203 (4) 123 (5) 50