

## 無線工学 令和5年2月期 B問題

〔1〕 次の記述は、対地静止衛星による通信について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

- |   |   |     |     |      |
|---|---|-----|-----|------|
| (1) 衛星に搭載する中継装置の回線を分割し、多数の□Aが共用するため、FDMA、TDMAなどの多元接続方式が用いられる。 | 1 | 宇宙局 | 時間  | 0.1  |
| (2) FDMA方式は、□Bを分割して各□Aに回線を割り当てる。                              | 2 | 宇宙局 | 時間  | 0.25 |
|   | 3 | 地球局 | 時間  | 0.1  |
| (3) 静止衛星と地球局間の距離が37,500kmの場合、一中継当たり□C秒程度の電波の伝搬による遅延がある。       | 4 | 地球局 | 周波数 | 0.1  |
|   | 5 | 地球局 | 周波数 | 0.25 |

### 解答・解説

正答は5である。空欄にはA：地球局、B：周波数、C：0.25、が入る。

-----

〔2〕 次の記述は、直交周波数分割多重(OFDM)伝送方式について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- OFDM伝送方式では、高速の伝送データを複数の低速なデータ列に分割し、複数のサブキャリアを用いて並列伝送を行う。
- ガードインターバルを挿入することにより、マルチパスの遅延時間がガードインターバル長の範囲外であれば、遅延波の干渉を効率よく回避できる。
- 各サブキャリアの直交性を厳密に保つ必要がある。また、正確に同期をとる必要がある。
- 一般的に3.9世代移动通信システムと呼ばれる携帯電話の通信規格であるLTEの下り回線などで利用されている。

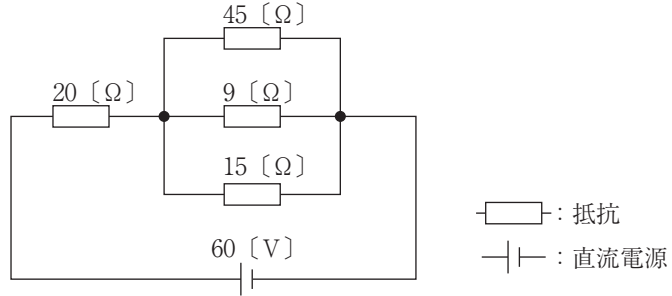
### 解答・解説

正答は2である。選択肢の正しい記述は以下のとおり。

- ガードインターバルを挿入することにより、マルチパスの遅延時間がガードインターバル長の範囲内であれば、遅延波の干渉を効率よく回避できる。

[3] 図に示す回路において、9〔Ω〕の抵抗で消費される電力の値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 52〔W〕
- 2 36〔W〕
- 3 24〔W〕
- 4 16〔W〕
- 5 12〔W〕



解答・解説

正答は4である。詳細は午前(A)問題[3]を参照。  
 この問題では図1の $R_3$ で消費される電力 $P_3$ を求める。  
 まず、回路の並列部の抵抗の合成抵抗 $R_b$ を計算する。

$$\begin{aligned}
 R_b &= \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{1}{9} + \frac{1}{45}} \\
 &= \frac{1}{\frac{3}{45} + \frac{5}{45} + \frac{1}{45}} = \frac{1}{\frac{9}{45}} = 5 \text{〔}\Omega\text{]}
 \end{aligned}$$

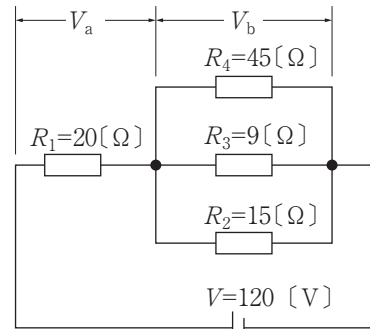


図1 設問の図

合成抵抗 $R_b=5$ 〔Ω〕であるので、抵抗の分圧比の式を用いて回路の並列部の電圧 $V_b$ は

$$V_b = \frac{R_b}{R_1 + R_b} V = \frac{5}{20 + 5} \times 60 = \frac{5}{25} \times 60 = \frac{1}{5} \times 60 = 12 \text{〔V]}$$

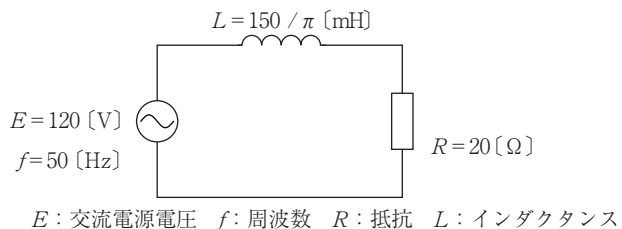
あるので、 $V_b$ と $R_3$ の値より

$$P_3 = \frac{V_b^2}{R_3} = \frac{12^2}{9} = \frac{144}{9} = 16 \text{〔W]}$$

として解を得ることができる。

[4] 図に示す回路において、抵抗 $R$ の両端の電圧の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 60〔V〕
- 2 72〔V〕
- 3 84〔V〕
- 4 96〔V〕
- 5 108〔V〕



### 解答・解説

正答は2である。この問題は以下の手順で解を得る。

手順①: コイルのリアクタンス  $X_L$  の値を求める。

コンデンサのリアクタンス  $X_L$  は下式①で表される。

$$X_L = \omega L \quad \cdots \text{①}$$

このとき  $\omega$  は角周波数であり  $\omega = 2\pi f$  となる。設問では  $f = 50$  [Hz] であるので角周波数  $\omega$  は

$$\omega = 2\pi f = 2 \times \pi \times 50 = 100\pi$$

したがってコイルのリアクタンス  $X_L$  は式①より

$$X_L = \omega L = 100\pi \times \frac{150}{\pi} \times 10^{-3} = 15000 \times 10^{-3} = 15 \text{ } [\Omega]$$

手順②:  $R$  と  $X_L$  の合成インピーダンス  $Z$  を求める。

$R$  と  $X_L$  の合成インピーダンス  $Z$  は、設問の抵抗値と手順①で求めた  $X_L$  より

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = \sqrt{400 + 225} = \sqrt{625} = 25 \text{ } [\Omega]$$

手順③: 回路に流れる電流  $I$  を求める。

回路に流れる電流  $I$  は、交流電源電圧  $E = 120$  [V]、合成インピーダンス  $Z = 25$  [ $\Omega$ ] であるので

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{120}{25} = 4.8 \text{ } [\text{A}]$$

手順④: オームの法則 ( $V = RI$ ) を用いて抵抗  $R$  の両端の電圧の値を算出する。

$$V_R = RI = 20 \times 4.8 = 96 \text{ } [\text{V}]$$

として解を得ることができる。

-----

〔5〕 ガンダイオードについての記述として、正しいものを下の番号から選べ。

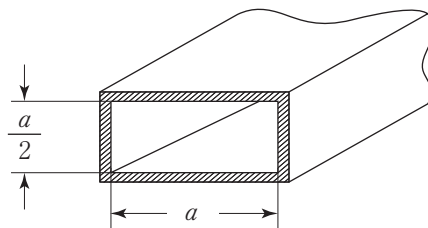
- 1 一定値以上の逆方向電圧が加わると、電界によって電子がなだれ現象を起こし、電流が急激に増加する特性を利用する。
- 2 逆方向バイアスを与え、このバイアス電圧を変化させると、等価的に可変静電容量として働く特性を利用する。
- 3 GaAs (ガリウムヒ素) などの化合物半導体で構成され、バイアス電圧を加えるとマイクロ波の発振を起こす。
- 4 電波を吸収すると温度が上昇し、抵抗の値が変化する素子で、電力計に利用される。

### 解答・解説

正答は3である。

〔6〕 図に示す方形導波管の  $TE_{10}$  波の遮断周波数が 6 [GHz] のとき、長辺の長さ  $a$  の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 1.5 [cm]
- 2 2.5 [cm]
- 3 3.0 [cm]
- 4 3.5 [cm]
- 5 5.0 [cm]



解答・解説

正答は2である。

方形導波管の遮断波長  $\lambda_c$  は、図の導波管の長辺の長さ  $a$  の2倍になる。

設問では遮断周波数  $f = 6$  [GHz] であるので、遮断波長  $\lambda_c$  は

$$\lambda_c = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^9} = 0.05 \text{ [m]} \quad \text{※ } c: \text{真空中の電波の速度 } (c = 3 \times 10^8 \text{ [m/s]})$$

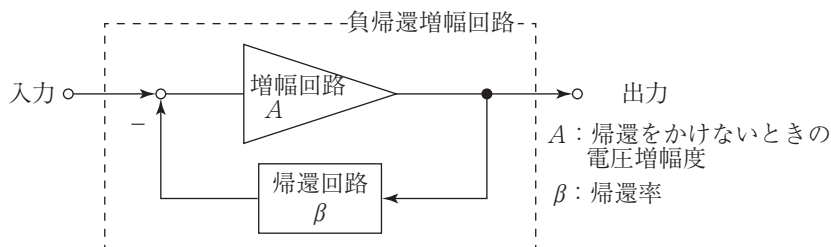
上記の計算より遮断波長  $\lambda_c = 0.05$  [m] であるので、 $\lambda_c = 2a$  であることから

$$a = \frac{\lambda_c}{2} = \frac{0.05}{2} = 0.025 \text{ [m]} = 2.5 \text{ [cm]}$$

として解を得ることができる。

〔7〕 図に示す負帰還増幅回路例の電圧増幅度の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、帰還をかけないときの電圧増幅度  $A$  を 150、帰還率  $\beta$  を 0.1 とする。

- 1 75.1
- 2 37.4
- 3 18.8
- 4 9.4
- 5 7.2



解答・解説

正答は2である。

負帰還増幅回路例の電圧増幅度  $A_f$  は下式①で表される。

$$A_f = \frac{A}{1 + A\beta} \quad \dots \text{①}$$

設問では、電圧増幅度  $A = 150$ 、帰還率  $\beta = 0.1$  であるので、式①に代入して

$$A_f = \frac{A}{1 + A\beta} = \frac{150}{1 + 150 \times 0.1} = \frac{150}{1 + 15} = \frac{150}{16} \doteq 9.38 \doteq 9.4$$

として解を得ることができる。

〔8〕 次の記述は、PSK について述べたものである。このうち正しいものを下の番号から選べ。

- 1 4 相 PSK (QPSK) では、1 シンボルの一つの信号点が表す情報は、“00”、“01”、“10” 及び “11” のいずれかとなる。
- 2 2 相 PSK (BPSK) では、“0”、“1” の 2 値符号に対して搬送波の位相に  $\pi/2$  [rad] の位相差がある。
- 3  $\pi/4$  シフト 4 相 PSK ( $\pi/4$  シフト QPSK) では、時間的に隣り合うシンボルに移行するときの信号空間軌跡が必ず原点を通るため、包絡線の変動が緩やかになる。
- 4 8 相 PSK では、2 相 PSK (BPSK) に比べ、一つのシンボルで 4 倍の情報量を伝送できる。
- 5 4 相 PSK(QPSK) は、16 個の位相点をとり得る変調方式である。

#### 解答・解説

正答は 1 である。

〔9〕 次の記述は、一般的なデジタル伝送における伝送誤りについて述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。ただし、信号空間ダイアグラム上の信号点の変動し、受信側において隣接する信号点と誤って判断する現象をシンボル誤りといい、シンボル誤りが発生する確率をシンボル誤り率という。また、信号空間ダイアグラムにおける信号点の間の距離のうち、最も短いものを信号点間距離とする。

- 1 シンボル誤り率は、信号点間距離に依存する。
- 2 伝送路や受信機内部で発生する雑音及びフェージングは、シンボル誤り率を増加させる要因となる。
- 3 16 相 PSK (16PSK) と 16 値 QAM (16QAM) を比較すると、一般に両方式の平均電力が同じ場合、16 相 PSK の方が信号点間距離が長い。
- 4 16 相 PSK (16PSK) と 16 値 QAM (16QAM) を比較すると、一般に両方式の平均電力が同じ場合、16 相 PSK の方がシンボル誤り率が大きくなる。

#### 解答・解説

正答は 3 である。選択肢の正しい記述は以下のとおり。

- 3 16 相 PSK (16PSK) と 16 値 QAM (16QAM) を比較すると、一般に両方式の平均電力が同じ場合、16 相 PSK の方が信号点間距離が**短い**。

〔10〕 次の記述は、符号分割多元接続方式 (CDMA) を利用した携帯無線通信システムの遠近問題について述べたものである。□ 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- |  |   |     |       |
|--|---|-----|-------|
| (1) □ A 周波数を複数の移動局が使用する CDMA では、遠くの移動局の弱い信号が基地局に近い移動局からの干渉雑音を強く受け、基地局で正常に受信できなくなる現象が起きる。これを遠近問題と呼んでいる。 | A | B   | C     |
|  | 1 | 同じ  | 基地 基地 |
|  | 2 | 同じ  | 基地 移動 |
|  | 3 | 同じ  | 移動 基地 |
| (2) 遠近問題を解決するためには、受信電力が □ B 局で同一になるようにすべての □ C 局の送信電力を制御する必要がある。                                       | 4 | 異なる | 基地 移動 |
|  | 5 | 異なる | 移動 基地 |

#### 解答・解説

正答は 2 である。空欄には A：同じ、B：基地、C：移動、が入る。

[11] 次の記述は、デジタル無線通信の伝送路で発生する誤り及びその対策の一例について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。なお、同じ記号の□内には、同じ字句が入るものとする。

(1) デジタル無線通信の伝送路で発生する誤りには、□A□誤りと□B□誤りがある。□A□誤りは、送信した個々のビットに独立に発生する誤りであり、主として受信機の熱雑音によって引き起こされる。□B□誤りは、部分的に集中して発生する誤りであり、一般にマルチパスフェージングなどにより引き起こされる。

(2) □B□誤りの対策の一つとして、送信側において送信する符号の順序を入れ替える□C□を行い、受信側で受信符号を元の順序に戻すことにより□B□誤りの影響を軽減する方法がある。

	A	B	C
1	バースト	ランダム	デインターリーブ
2	ランダム	バースト	インターリーブ
3	バースト	ランダム	プレエンファシス
4	ランダム	バースト	デインターリーブ
5	バースト	ランダム	インターリーブ

#### 解答・解説

正答は2である。空欄にはA：ランダム、B：バースト、C：インターリーブ、が入る。

-----

[12] 次の記述は、デジタル無線通信における遅延検波について述べたものである。このうち正しいものを下の番号から選べ。

- 1 遅延検波は、基準搬送波を再生する搬送波再生回路が不要である。
- 2 遅延検波は、受信する信号に対し、1シンボル（タイムスロット）後の信号を基準信号として用いて検波を行う。
- 3 遅延検波は、一般に同期検波より符号誤り率特性が優れている。
- 4 遅延検波は、PSK 通信方式で使用できない。

#### 解答・解説

正答は1である。

-----

[13] 次の記述は、通信衛星（対地静止衛星）に搭載される中継器（トランスポンダ）について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 中継器の電力増幅器には、主にマグネトロンが用いられている。
- 2 中継器は、通常、低雑音増幅器、周波数変換器、電力増幅器などで構成される。
- 3 通信衛星が受信した微弱な信号は、低雑音増幅器で増幅された後、送信周波数に変換される。
- 4 通信衛星の送信周波数は、一般に受信周波数より低い周波数が用いられる。

#### 解答・解説

正答は1である。選択肢の正しい記述は以下のとおり。

- 1 中継器の電力増幅器には、主に**進行波管**が用いられている。

[14] 次の記述は、地上系マイクロ波（SHF）多重通信の無線中継方式の一つである反射板を用いた無給電中継方式において、伝搬損失を少なくする方法について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 反射板を二枚使用するとき、反射板の位置を互いに近づける。
- 2 反射板の面積を大きくする。
- 3 反射板に対する電波の入射角度を大きくして、入射方向を反射板の反射面と平行に近づける。
- 4 中継区間距離は、できるだけ短くする。

#### 解答・解説

正答は3である。選択肢の正しい記述は以下のとおり。

- 3 反射板に対する電波の**入射角度**を小さくして、入射方向を反射板の反射面と**直角**に近づける。

[15] 次の記述は、一般的なパルスレーダーの距離分解能について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 距離分解能は、パルス幅が □A□ ほど良くなる。
- (2) 同一方向で距離の差がパルス幅の1/2に相当する距離より短い二つの物体は識別 □B□。
- (3) 距離測定レンジは、できるだけ □C□ レンジを用いた方が距離分解能が良くなる。

- |   | A  | B    | C  |
|---|----|------|----|
| 1 | 広い | できない | 短い |
| 2 | 広い | できる  | 長い |
| 3 | 広い | できる  | 短い |
| 4 | 狭い | できる  | 長い |
| 5 | 狭い | できない | 短い |

#### 解答・解説

正答は5である。空欄にはA：狭い、B：できない、C：短い、が入る。

[16] 次の記述は、パルスレーダーの受信機に用いられる回路について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 近距離からの強い反射波があると、PPI表示の表示部の中心付近が明るくなり過ぎて、近くの物標が見えなくなる。このとき、STC回路により近距離からの強い反射波に対しては感度を □A□、遠距離になるにつれて感度を □B□ で、近距離にある物標を探知しやすくなることができる。
- (2) 雨や雪などからの反射波によって、物標の識別が困難になることがある。このとき、FTC回路により検波後の出力を □C□ して、物標を際立たせることができる。

- |   | A       | B       | C  |
|---|---------|---------|----|
| 1 | 上げ（良くし） | 下げ（悪くし） | 反転 |
| 2 | 上げ（良くし） | 下げ（悪くし） | 積分 |
| 3 | 上げ（良くし） | 下げ（悪くし） | 微分 |
| 4 | 下げ（悪くし） | 上げ（良くし） | 積分 |
| 5 | 下げ（悪くし） | 上げ（良くし） | 微分 |

#### 解答・解説

正答は5である。空欄にはA：下げ（悪くし）、B：上げ（良くし）、C：微分、が入る。

[17] 周波数 7.5 [GHz] で直径が 1.6 [m] のパラボラアンテナの絶対利得の値 (真数) として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、アンテナの開口効率を 0.6、 $\pi = 3.14$  とする。

- 1 378      2 1,884      3 3,014      4 5,915      5 9,465

解答・解説

正答は 4 である。詳細は午前 (A) 問題 [17] を参照

パラボラアンテナの利得は、絶対利得利得  $G$  は下式①で表される。

$$G = \frac{4\pi S}{\lambda^2} \eta \quad \cdots \textcircled{1}$$

設問の周波数  $f = 7.5$  [GHz]、直径  $D = 1.6$  [m] であるので、まず波長  $\lambda$  と開口面積  $S$  を求めれば

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{7.5 \times 10^9} = 0.04 \text{ [m]} \quad S = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi = \left(\frac{1.6}{2}\right)^2 \pi = 0.8^2 \pi = 0.64\pi \text{ [m}^2\text{]}$$

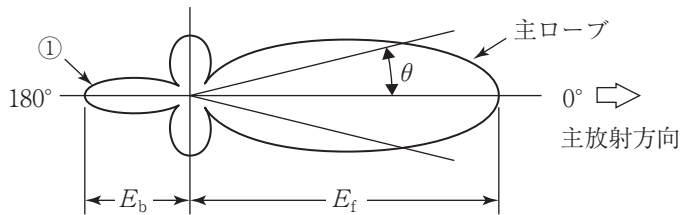
上記の波長  $\lambda = 0.04$  [m] と、面積  $S = 0.64\pi$  [m<sup>2</sup>]、アンテナの開口効率  $\eta = 0.6$  より

$$G = \frac{4\pi S}{\lambda^2} \eta = \frac{4 \times 3.14 \times 0.64 \times 3.14}{0.04^2} \times 0.6 \doteq 9465.2$$

として解を得ることができる。

[18] 次の記述は、図に示す単一指向性アンテナの電界パターン例について述べたものである。

内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。



(1) 半値角は、主ローブの電界強度がその最大値の  A  になる二つの方向で挟まれた角度  $\theta$  で表される。

(2) 半値角は、 B  とも呼ばれる。

(3) 前後比は、 C  で表される。

- |   | A            | B    | C         |
|---|--------------|------|-----------|
| 1 | $1/\sqrt{2}$ | ビーム幅 | $E_f/E_b$ |
| 2 | $1/\sqrt{2}$ | 放射効率 | $E_b/E_f$ |
| 3 | $1/2$        | ビーム幅 | $E_f/E_b$ |
| 4 | $1/2$        | 放射効率 | $E_b/E_f$ |
| 5 | $1/2$        | 放射効率 | $E_f/E_b$ |

解答・解説

正答は 1 である。空欄には A :  $1/\sqrt{2}$ 、B : ビーム幅、C :  $E_f/E_b$ 、が入る。



[19] 次の記述は、送信アンテナと給電線との接続について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

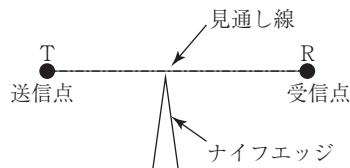
- |   | A    | B    | C |
|---|------|------|---|
| (1) アンテナと給電線のインピーダンスが整合しているとき、給電線からアンテナへの伝送効率が□Aになる。  | 1 最小 | 生じる  | 0 |
| (2) アンテナと給電線のインピーダンスが整合しているとき、給電線に定在波が□B。             | 2 最小 | 生じない | 1 |
| (3) アンテナと給電線のインピーダンスが整合しているとき、電圧定在波比 (VSWR) の値は□Cである。 | 3 最小 | 生じない | 0 |
|   | 4 最大 | 生じる  | 0 |
|   | 5 最大 | 生じない | 1 |

#### 解答・解説

正答は5である。空欄にはA：最大、B：生じない、C：1、が入る。

[20] 次の記述は、図に示すマイクロ波通信の送受信点間に見通し線の上にナイフエッジがある場合、受信地点において、受信点の高さを変化したときの受信点の電界強度の変化などについて述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。ただし、大地反射波の影響は無視するものとする。

- 見通し線より下方の領域へは、ナイフエッジによる回折波が到達する。
- 見通し線より上方の領域では、受信点を高くするにつれて受信点の電界強度は、自由空間の伝搬による電界強度より強くなったり、弱くなったり、強弱を繰り返して自由空間の伝搬による電界強度に近づく。
- 見通し線より下方の領域では、受信点を低くするにつれて受信点の電界強度は低下する。
- 受信点の電界強度は、見通し線上では、自由空間の電界強度のほぼ  $1/\sqrt{2}$  となる。



#### 解答・解説

正答は4である。選択肢の正しい記述は以下のとおり。

- 4 受信点の電界強度は、見通し線上では、自由空間の電界強度のほぼ  $1/2$  となる。

[21] 次の記述は、マイクロ波 (SHF) のフェージングについて述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- |  |            |         |
|--|------------|---------|
| (1) 大気層の揺らぎなどにより部分的に屈折率が変化するため、電波の一部が散乱して直接波との干渉が生じ、受信電界強度が、比較的短い周期で小幅に変動する現象を□Aフェージングという。 |            |         |
| (2) 大気屈折率の分布状態が時間的に変化して地球の□Bが変化するため、直接波と大地反射波との干渉状態や大地による回折状態が変化して生ずるフェージングをK形フェージングという。   | A          | B       |
|  | 1 シンチレーション | 等価半径係数  |
|  | 2 シンチレーション | 導電率や誘電率 |
|  | 3 ダクト形     | 等価半径係数  |
|  | 4 ダクト形     | 導電率や誘電率 |

#### 解答・解説

正答は1である。空欄にはA：シンチレーション、B：等価半径係数、が入る。

[22] 次の記述は、無線中継所等において広く使用されているシール鉛蓄電池について述べたものである。このうち正しいものを下の番号から選べ。

- 1 通常、電解液が外部に流出するので設置には注意が必要である。
- 2 定期的な補水(蒸留水)が必要である。
- 3 シール鉛蓄電池を構成する単セルの電圧は、約 24 [V] である。
- 4 正極は二酸化鉛、負極は金属鉛、電解液は希硫酸が用いられる。

#### 解答・解説

正答は4である。

-----

[23] 同軸給電線とアンテナの接続部において、通過型高周波電力計で測定した進行波電力が 9 [W]、反射波電力が 0.36 [W] であるとき、接続部における定在波比 (SWR) の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 0.7
- 2 1.5
- 3 1.7
- 4 2.5
- 5 25.0

#### 解答・解説

正答は2である。詳細は午前 (A) 問題 [23] を参照

定在波比 (SWR) は進行波電力を  $P_f$ 、反射波電力を  $P_r$  とすると下式①で求めることができる。

$$SWR = \frac{\sqrt{P_f} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_f} - \sqrt{P_r}} \dots \textcircled{1}$$

設問では、進行波電力  $P_f$  が 9 [W]、反射波電力  $P_r$  が 0.36 [W] であるので、式①に代入して

$$SWR = \frac{\sqrt{P_f} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_f} - \sqrt{P_r}} = \frac{\sqrt{9} + \sqrt{0.36}}{\sqrt{9} - \sqrt{0.36}} = \frac{3 + 0.6}{3 - 0.6} = \frac{3.6}{1.4} = 1.5$$

として解を得ることができる。

-----

[24] 次の記述は、一般的なアナログ方式のテスタ (回路計) について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 テスタに内蔵されている乾電池は、抵抗測定で使用される。
- 2 テスタを使用する際、テスタの指針が零 (0) を指示していることを確かめてから測定に入る。
- 3 通常、100 [kHz] 以上の高周波の電流値も直接測定できる。
- 4 0 [Ω] 調整用のつまみをいっぱい回しても、指針を 0 [Ω] に調整することができないときは、乾電池が消耗しているので、電池を新しいものに交換する。
- 5 測定が終了しテスタを保管する場合、テスタの切換えスイッチの位置は、OFF のレンジがっていないときには、最大の電圧レンジにしておく。

#### 解答・解説

正答は3である。選択肢の正しい記述は以下のとおり。

- 3 通常、100 [kHz] 以上の高周波の電流値は直接測定**できない**。