

GB107

第二級陸上無線技術士「無線工学 B」試験問題

25 問 2 時間 30 分

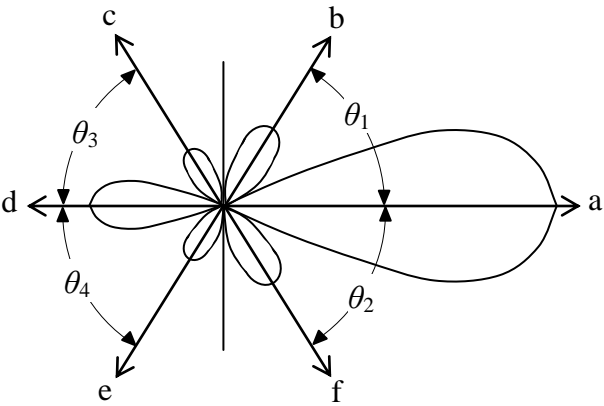
A－1 自由空間内に置かれた微小ダイポールによる静電界と放射電界の大きさが等しくなる距離の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、微小ダイポールによる任意の点 P の電界強度 E_θ は次式で与えられるものとする。この式で I [A] は放射電流、 l [m] は微小ダイポールの長さ、 λ [m] は波長、 r [m] は微小ダイポールからの距離、 θ [rad] は微小ダイポールの電流が流れる方向と微小ダイポールの中心から点 P を見た方向とがなす角度、 ω [rad/s] は角周波数とする。また、周波数を 15 [MHz] とする。

$$E_\theta = \frac{j60\pi I l \sin \theta}{\lambda} \left(\frac{1}{r} - \frac{j\lambda}{2\pi r^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2 r^3} \right) e^{j(\omega t - 2\pi r/\lambda)} \text{ [V/m]}$$

- 1 1.2 [m] 2 3.2 [m] 3 6.6 [m] 4 10.2 [m] 5 18.8 [m]

A－2 図に示す電界強度の放射パターンを持つアンテナの前後(FB)比の値として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、メインローブの最大放射方向 a の大きさを 0 [dB] としたとき、サイドローブの b、c、d、e 及び f 方向の大きさをそれぞれ－15 [dB]、－20 [dB]、－12 [dB]、－20 [dB] 及び－15 [dB] とし、また、角度 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 及び θ_4 をそれぞれ 58 度、58 度、58 度及び 58 度とする。

- 1 3 [dB]
 2 6 [dB]
 3 12 [dB]
 4 15 [dB]
 5 20 [dB]



A－3 次の記述は、図に示す高さが h [m] の 1/4 波長接地アンテナの実効高を求める過程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。ただし、1/4 波長接地アンテナ上における電流は余弦波状に分布しており、実効高は、この電流分布の面積と長方形の電流分布 ABCD の面積とが等しいとして求められるものとする。

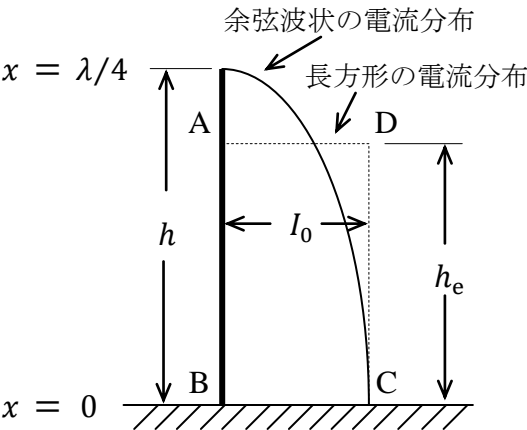
(1) 余弦波状の電流分布に沿って $x = 0$ から $x = \lambda/4$ まで積分して、その面積 S を求めると、次式のようにになる。ただし、波長を λ [m]、電流分布の最大振幅を I_0 [A] とし、アンテナ基部から頂点方向への距離を x [m] とする。

$$S = \int_0^{\lambda/4} I_0 \cos \square A \, dx = \frac{\lambda I_0}{2\pi} \square B = \frac{\lambda I_0}{2\pi} \text{ [Am]}$$

(2) 長方形の電流分布では、距離 x によらず電流 I_0 [A] が一様に分布するものと仮定するので、実効高 h_e [m] を h で表すと、以下のようにになる。

$$h_e = \frac{S}{I_0} = \square C \text{ [m]}$$

- | | | |
|--|---|------------------|
| A | B | C |
| 1 $\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$ | $\left[\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\right]_0^{\lambda/4}$ | $\frac{2h}{\pi}$ |
| 2 $\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$ | $\left[\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\right]_0^{\lambda/4}$ | $\frac{h}{\pi}$ |
| 3 $\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$ | $\left[\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\right]_0^{\lambda/4}$ | $\frac{h}{\pi}$ |
| 4 $\left(\frac{\pi}{\lambda}x\right)$ | $\left[\sin\left(\frac{\pi}{\lambda}x\right)\right]_0^{\lambda/4}$ | $\frac{2h}{\pi}$ |
| 5 $\left(\frac{\pi}{\lambda}x\right)$ | $\left[\cos\left(\frac{\pi}{\lambda}x\right)\right]_0^{\lambda/4}$ | $\frac{h}{\pi}$ |



A－4 絶対利得が 33 [dB] のアンテナの指向性利得の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、アンテナの放射効率を 0.8 とする。ただし、 $\log_{10}2 = 0.3$ とする。

- 1 14 [dB]
- 2 19 [dB]
- 3 24 [dB]
- 4 29 [dB]
- 5 34 [dB]

A－5 次の記述は、受信アンテナの等価回路と受信有能電力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) 図 1 に示す受信回路において、受信アンテナに誘起される電圧を V [V] とすると、この電圧によって受信アンテナ及び受信機に電流が流れる。このアンテナを等価回路で表したときの内部インピーダンスは、送信アンテナとしての □ A □ インピーダンス Z_a [Ω] と等価であるので、入力インピーダンスが Z_l [Ω] の受信機を接続したときの等価回路は、図 2 のようになる。
- (2) Z_l から受信有能電力を取り出すことができるのは、 Z_a と Z_l をそれぞれ $R_a + jX_a$ と $R_l + jX_l$ とすれば、 $R_a = R_l$ 、かつ $X_a =$ □ B □ のときであり、このとき、受信機の受信有能電力の値は □ C □ [W] となる。

A	B	C
1 入力	$-X_l$	$\frac{V^2}{2R_l}$
2 入力	$-X_l$	$\frac{V^2}{4R_l}$
3 入力	X_l	$\frac{V^2}{2R_l}$
4 正規化	X_l	$\frac{V^2}{2R_l}$
5 正規化	$-X_l$	$\frac{V^2}{4R_l}$

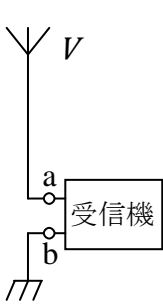


図 1 受信回路

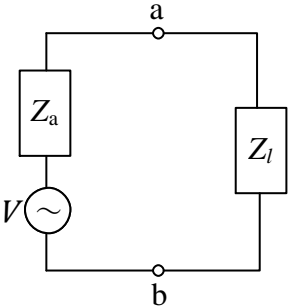


図 2 等価回路

A－6 次の記述は、平行二線式給電線と小電力用同軸ケーブル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 平行二線式給電線は、平衡形の給電線であり、零電位は 2 本の導線の間隔の垂直二等分面上にある。
- 2 平行二線式給電線の実効インピーダンスは、導線の太さが同じ場合には、導線の間隔が狭いほど小さくなる。
- 3 小電力用同軸ケーブルは、不平衡形の給電線であり、通常、外部導体を接地して使用する。
- 4 小電力用同軸ケーブルの実効インピーダンスは、内部導体の外径 d に対する外部導体の内径 D の比 (D/d) が大きいほど小さくなる。
- 5 小電力用同軸ケーブルは、平行二線式給電線よりも、外部からの誘導妨害の影響を受けにくい。

A－7 次の記述は、給電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) インピーダンスが異なる 2 つの給電回路を直列接続するときには、反射損を少なくし、効率良く伝送するために □ A □ 回路を用いる。また、インピーダンスが同じであっても平衡回路と不平衡回路を接続するときには、漏れ電流を防ぐために □ B □ を用いる。
- (2) 給電線に入力される電力を P_1 [W]、給電線に接続されている負荷で消費される電力を P_2 [W] としたとき、□ C □ を伝送効率といい、反射損や給電線での損失が少ないほど伝送効率は良い。

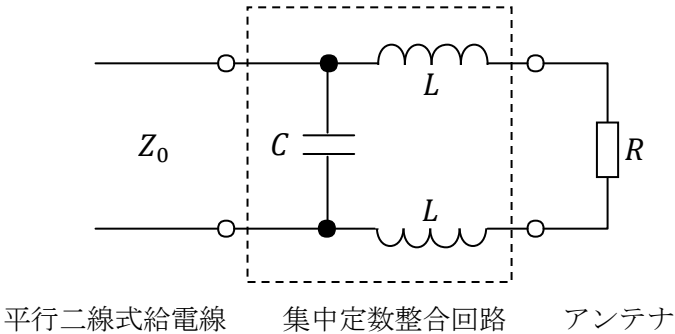
A	B	C
1 アンテナ共用	バラン	$P_1 - P_2$
2 アンテナ共用	トラップ	P_1/P_2
3 インピーダンス整合	バラン	$P_1 - P_2$
4 インピーダンス整合	バラン	P_2/P_1
5 インピーダンス整合	トラップ	P_2/P_1

A－8 同軸線路の長さが 150 [m] のときの信号の伝搬時間の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、同軸線路は、無損失で、内部導体と外部導体との間に充填されている絶縁体の比誘電率の値を 2.25 とする。

- 1 0.25 [μs]
- 2 0.50 [μs]
- 3 0.75 [μs]
- 4 1.00 [μs]
- 5 1.25 [μs]

A-9 図に示すように、特性インピーダンスが Z_0 [Ω] の平行二線式給電線と給電点インピーダンスが R [Ω] のアンテナを整合させるために、集中定数整合回路を挿入した。この回路の静電容量 C [F] を求める式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、 $Z_0 > R$ であり、コイルのインダクタンスを L [H]、角周波数を ω [rad/s] とし、給電線は無損失とする。

- 1
- $C = \frac{1}{\omega Z_0} \sqrt{\frac{Z_0 - R}{R}}$
- 2
- $C = \frac{Z_0}{2\omega} \sqrt{Z_0 - R}$
- 3
- $C = \frac{Z_0}{2\omega} \sqrt{\frac{Z_0 - R}{R}}$
- 4
- $C = 2\omega Z_0 \sqrt{\frac{Z_0 - R}{R}}$
- 5
- $C = \frac{1}{\omega Z_0} \sqrt{Z_0 - R}$



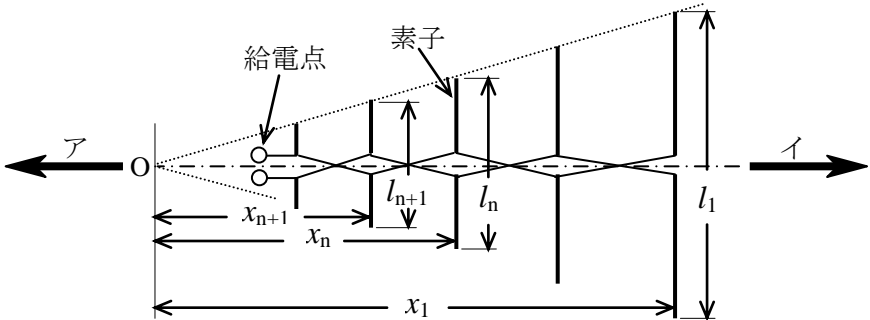
A-10 次の記述は、半波長ダイポールアンテナについて述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。ただし、波長を λ [m] とする。

- 1
- 放射抵抗は、約 73 [Ω] である。
- 2
- 実効長は、 λ/π [m] である。
- 3
- 実効面積は、約 $0.13\lambda^2$ [m²] である。
- 4
- 絶対利得は、1.64 [dB] である。
- 5
- E 面内の指向性パターンは、8 字特性である。

A-11 次の記述は、図に示す対数周期ダイポールアレーアンテナ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
- 隣り合う素子の長さの比 l_n/l_{n+1} と隣り合う素子の頂点 O からの距離の比 □ A □ は等しい。
- 2
- 半波長ダイポールアンテナと比較して周波数帯域幅が □ B □。
- 3
- 主放射の方向は矢印 □ C □ の方向である。

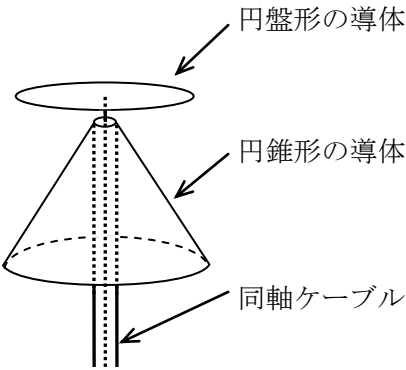
- | | | |
|-----------------|----|---|
| A | B | C |
| 1 x_{n+1}/x_n | 広い | イ |
| 2 x_{n+1}/x_n | 狭い | ア |
| 3 x_n/x_{n+1} | 狭い | ア |
| 4 x_n/x_{n+1} | 広い | イ |
| 5 x_n/x_{n+1} | 広い | ア |



A-12 次の記述は、図に示すディスコーンアンテナ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
- 図に示すように、円錐形の導体の頂点に円盤形の導体を置き、円錐形の導体に同軸ケーブルの外部導体を、円盤形の導体に内部導体をそれぞれ接続したものであり、給電点は、円錐形の導体の □ A □ にある。
- 2
- 水平面内の指向性は、□ B □ であり、垂直偏波の電波の送受信に用いられる。スリーブアンテナやブラウンアンテナに比べて □ C □ 特性を持つ。

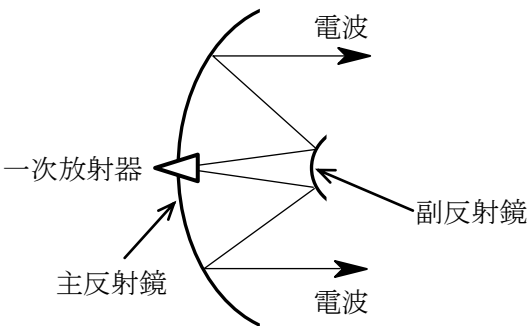
- | | | |
|------|-------|-----|
| A | B | C |
| 1 頂点 | 単一指向性 | 狭帯域 |
| 2 頂点 | 全方向性 | 広帯域 |
| 3 底辺 | 全方向性 | 狭帯域 |
| 4 底辺 | 全方向性 | 広帯域 |
| 5 底辺 | 単一指向性 | 狭帯域 |



A-13 次の記述は、図に示すカセグレンアンテナ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。

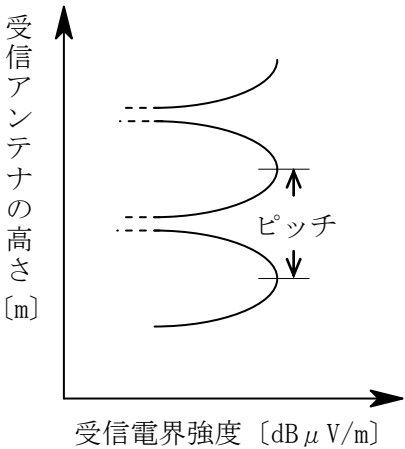
- (1) 回転放物面の主反射鏡、回転双曲面の副反射鏡及び一次放射器で構成されている。副反射鏡の二つの焦点のうち、一方は主反射鏡の □ A □ と、他方は一次放射器の励振点と一致している。
- (2) 送信における主反射鏡は、□ B □ への変換器として動作する。
- (3) 一次放射器を主反射鏡の頂点(中心)付近に置くことにより給電線路が □ C □ ので、その伝送損を少なくできる。
- (4) 主放射方向と反対側のサイドローブが少なく、かつ小さいので、衛星通信用地球局のアンテナのように上空に向けて用いる場合、□ D □ からの熱雑音の影響を受けにくい。

A	B	C	D
1 焦点	球面波から平面波	短くできる	大地
2 焦点	平面波から球面波	長くなる	大地
3 焦点	平面波から球面波	短くできる	自由空間
4 開口面	球面波から平面波	短くできる	大地
5 開口面	球面波から平面波	長くなる	自由空間



A-14 超短波(VHF)帯の電波伝搬において、送信アンテナの高さ、送信周波数、送信電力及び通信距離の条件を一定にして、受信アンテナの高さを変化させて、受信電界強度(受信点の電界強度)を測定すると、図に示すハイトパターンが得られる。この現象に関する記述として、誤っているものを下の番号から選べ。ただし、大地は完全導体平面で、反射係数を-1とする。

- 1 見通し距離内の電波伝搬における受信電界強度は、直接波と大地反射波の合成によって生ずる。
- 2 大地反射波の位相は、直接波の位相より、通路差による位相差と反射の際に生ずる位相差との和の分だけ遅れる。
- 3 大地反射波と直接波の電界強度の大きさを同じとすれば、両者の位相が同位相のときは受信電界強度が極大になり、逆位相のときは零となる。
- 4 受信電界強度が周期的に変化するピッチは、周波数が低くなるほど、広くなる。
- 5 受信電界強度の極大値は、受信点の自由空間電界強度のほぼ4倍となる。



A-15 次の記述は、電波に対する大気屈折率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) 大気屈折率は、□ A □ に非常に近い値であり、気圧、気温及び湿度の変動によりわずかに変化する。このわずかな変化がマイクロ波(SHF)帯の伝搬に大きな影響を与える。
- (2) 標準大気屈折率は、高さ約1[km]以下では高さとともに直線的に減少するので、地表面に平行に放射された電波は、徐々に □ B □ に曲げられて進む。
- (3) 修正した大気屈折率の高度分布を表す □ C □ が、電波の伝搬状況を把握するために用いられる。

A	B	C
1 0	下方	M 曲線
2 0	上方	等圧線図
3 1	上方	等圧線図
4 1	下方	等圧線図
5 1	下方	M 曲線

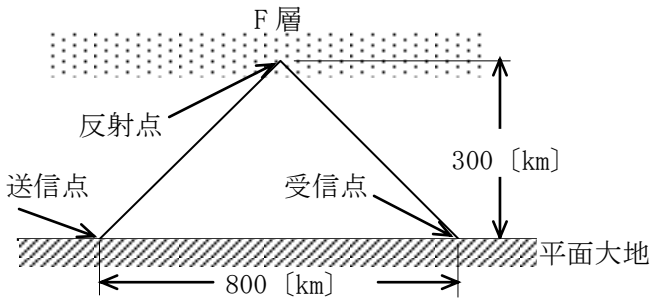
A-16 次の記述は、マイクロ波からミリ波までの周波数帯における降雨による減衰について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) 降雨による減衰は、約 □ A □ [GHz] で顕著になり、周波数が高くなると共に増大するが、約 □ B □ [GHz] 以上ではほぼ一定になる。
- (2) 降雨による減衰の主な要因は、電波の吸収又は □ C □ である。

	A	B	C
1	3	200	回折
2	3	80	散乱
3	10	200	散乱
4	10	50	回折
5	10	50	散乱

A-17 図に示すように、送受信点間の距離が 800 [km] の電離層伝搬において、F 層の見掛けの高さが 300 [km] で、最高使用可能周波数(MUF)が 12 [MHz] であった。このときの臨界周波数の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、電離層は均一であり、平面大地に平行であるものとする。

- 1 7.2 [MHz]
- 2 10.5 [MHz]
- 3 11.3 [MHz]
- 4 12.8 [MHz]
- 5 15.0 [MHz]



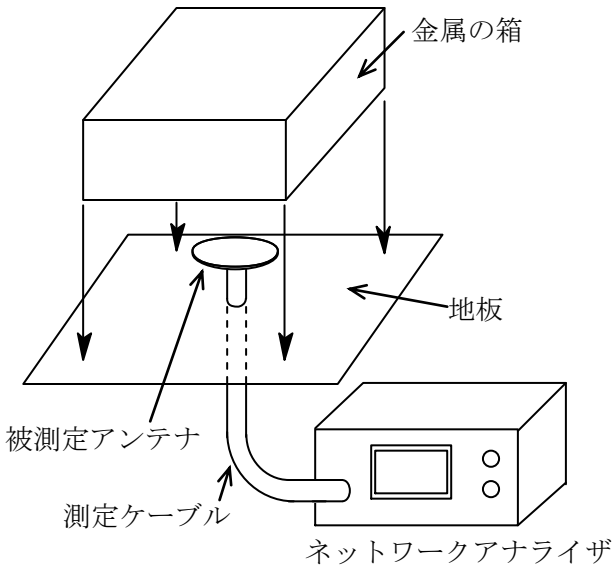
A-18 長さ l [m] の無損失給電線の終端を開放及び短絡して入力端から見たインピーダンスを測定したところ、それぞれ Z_{op} [Ω] 及び Z_{sh} [Ω] であった。この給電線の特性インピーダンスの値として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 $\sqrt{Z_{op}Z_{sh}}/2$ [Ω]
- 2 $Z_{op}+Z_{sh}$ [Ω]
- 3 $(Z_{op}+Z_{sh})/2$ [Ω]
- 4 $\sqrt{Z_{op}Z_{sh}}$ [Ω]
- 5 $2(Z_{op}+Z_{sh})$ [Ω]

A-19 次の記述は、図に示す小形アンテナの放射効率を測定する Wheeler cap（ウィーラー・キャップ）法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。ただし、金属の箱及び地板の大きさ及び材質は、測定条件を満たしているものとする。なお、同じ記号の □内には、同じ字句が入るものとする。

- (1) 図に示すように、地板の上に置いた被測定アンテナに、アンテナ電流の分布を乱さないよう適当な形及び大きさの金属の箱をかぶせて地板との間に隙間がないように密閉し、被測定アンテナの入力インピーダンスの □ A □ を測定する。この値は、アンテナからの放射がないので、アンテナの □ B □ とみなせる。
- (2) 次に金属の箱を取り除いて、同様に、被測定アンテナの入力インピーダンスの □ A □ を測定する。この値はアンテナの □ B □ と □ C □ の和である。
- (3) 放射効率は、(1)と(2)の測定値の差から求められる □ C □ を(2)で測定した □ A □ で割った値で表される。

	A	B	C
1	実数部	絶縁抵抗	損失抵抗
2	実数部	放射抵抗	損失抵抗
3	実数部	損失抵抗	放射抵抗
4	虚数部	絶縁抵抗	損失抵抗
5	虚数部	損失抵抗	放射抵抗



A-20 次の記述は、アンテナの特性の測定法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) アンテナの近傍界測定法は、アンテナの近傍の電磁界の分布を測定し、その測定値から計算により、遠方における □A□ 電磁界の分布を測定したものと等価であるとして、アンテナの特性を求めるものである。
- (2) 一般の測定設備を用いた測定ができない大形の可動アンテナの特性を測定するために、放射する電波の □B□ が既知の電波星を用いることがある。
- (3) 航空機などに用いられるアンテナの特性は、その物体とアンテナを縮小した模型を用いて測定することがあり、そのときの測定周波数は、アンテナの実際の使用周波数より □C□ 。

	A	B	C
1	放射	強度	低い
2	放射	強度	高い
3	放射	偏波	低い
4	誘導	偏波	高い
5	誘導	偏波	低い

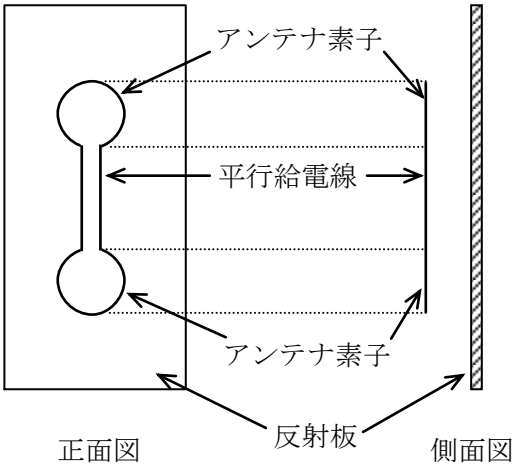
B-1 次の記述は、絶対利得 G (真数) のアンテナの放射電界強度の計算式を求める過程について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、アンテナ及び給電回路の損失はないものとする。

- (1) 等方性アンテナの放射電力を P_0 [W] とすれば、アンテナから半径 d [m] の距離にある球面を通過して出て行く電波の電力束密度 w は、次式で表される。
 $w =$ □ア□ [W/m²] ①
一方、電界強度が E_0 [V/m]、磁界強度が H_0 [A/m] の点の電波の電力束密度を p とおくと、 p は E_0 と H_0 を用いて次式で表される。
 $p =$ □イ□ [W/m²] ②
式②を、 E_0 [V/m] だけで表すと、次式となる。
 $p =$ □ウ□ [W/m²] ③
 $w = p$ のとき、式①及び③より、 E_0 は次式で表される。
 $E_0 =$ □エ□ [V/m]
- (2) 絶対利得 G (真数) のアンテナの放射電力を P [W] とすれば、このアンテナの最大放射方向の距離 d [m] における放射電界強度 E は、次式で表される。
 $E =$ □オ□ [V/m]

1	$\frac{P_0}{4\pi d^2}$	2	$\frac{E_0}{H_0}$	3	$\frac{E_0^2}{120\pi}$	4	$\frac{\sqrt{49P_0}}{d}$	5	$\frac{\sqrt{49GP}}{d}$
6	$\frac{P_0}{2\pi d^2}$	7	$E_0 H_0$	8	$\frac{E_0^2}{90\pi}$	9	$\frac{\sqrt{30P_0}}{d}$	10	$\frac{\sqrt{30GP}}{d}$

B-2 次の記述は、図に示す反射板付きの双ループアンテナについて述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。

- (1) 2ループを平行給電線で接続したものに反射板を組み合わせたアンテナで、ループの円周の長さは、それぞれ約 □ア□ 波長である。
- (2) 給電点は、一般に平行給電線の □イ□ である。
- (3) 2ループが大地に対して上下になるように置いたときの水平面内の指向性は、□ウ□ の指向性とほぼ等しい。
- (4) 利得を上げるために反射板内のループの数を上下方向に増やすと、使用周波数範囲が □エ□ なる。
- (5) このアンテナを四角鉄塔の各面に取付けた場合、鉄塔の幅が波長に比べて狭いときは、水平面内の指向性はほぼ □オ□ となる。



1	上端	2	双方向性	3	1/2	4	反射板付き 4 ダイポールアンテナ	5	狭く
6	中央	7	全方向性	8	1	9	ホイップアンテナ	10	広く

B－3 次の記述は、方形導波管の伝送損について述べたものである。このうち正しいものを1、誤っているものを2として解答せよ。

- ア 誘電損は、内部が中空の導波管では極めて小さいが、雨水などが管内に浸入した場合は極めて大きくなる。
- イ 同じ導波管どうしを接続する場合、接続部での伝送損を防ぐため、チョーク接続などの方法を用いる。
- ウ 管壁において電波が反射するとき、管壁に侵入する表皮厚さ(深さ)は、周波数が高くなるほど薄く(浅く)なる。
- エ 遮断周波数より十分高い周波数では、周波数が高くなるほど伝送損が小さくなる。
- オ 遮断周波数に十分近い周波数範囲では、遮断周波数に近くなるほど伝送損が小さくなる。

B－4 次の記述は、VHF 帯及び UHF 帯の電波の見通し外伝搬について述べたものである。□ 内に入れるべき字句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) 電波は、障害物があると □ ア □ によりその裏側にも回り込んで伝搬する。そのために球面大地上の見通し外伝搬において、伝搬路の途中に □ イ □ がある場合、それがない場合に比べて □ ア □ により受信電界強度が上がることもある。
- (2) 大気は乱流により絶えず変動しているため、□ ウ □ が周囲とは違った領域が生じている。この領域で電波が散乱され、見通し外にも伝搬する。この現象を利用する対流圏散乱通信において受信される電波は、多くの散乱体によって散乱されて到来した振幅及び □ エ □ が異なる多くの波の合成波であるので、□ オ □ フェージングを生ずる。

- | | | | | |
|------|------|-------|------|---------|
| 1 反射 | 2 山岳 | 3 屈折率 | 4 周期 | 5 レイリー |
| 6 回折 | 7 河川 | 8 導電率 | 9 位相 | 10 ダクト形 |

B－5 次の記述は、アンテナに供給される電力を求める過程について述べたものである。□ 内に入れるべき字句を下の番号から選べ。

入力インピーダンスが R_a [Ω] のアンテナに、特性インピーダンスが R_0 [Ω] の給電線を用いて給電したとき、給電線上に生ずる定在波の電圧波腹及び電圧波節の実効値がそれぞれ V_{max} [V] 及び V_{min} [V] であった。ただし、 R_a 及び R_0 は純抵抗で、 $R_a < R_0$ であり、給電線は無損失で波長に比べて十分長いものとする。

- (1) 給電線の電圧反射係数 Γ の絶対値 $|\Gamma|$ は、 R_a と R_0 を用いて、次式で表される。

$|\Gamma| = \square \text{ ア } \dots\dots\dots \text{①}$

- (2) 電圧定在波比 S は、 $|\Gamma|$ を用いて、次式で表される。

$S = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \dots\dots\dots \text{②}$

式①を式②に代入すれば、 S は、次式で表される。

$S = \square \text{ イ } \dots\dots\dots \text{③}$

- (3) 一方、 S は、 V_{max} と V_{min} を用いて、次式で表される。

$S = \square \text{ ウ } \dots\dots\dots \text{④}$

- (4) アンテナ端の電圧 V_l [V] は、給電線の入射波電圧 V_f [V] 及び反射波電圧 V_r [V] を用いて、次式で表される。

$V_l = \square \text{ エ } \text{ [V] } \dots\dots\dots \text{⑤}$

また、 $R_a < R_0$ のときには、 V_l は、次式で表される。

$V_l = V_{min} \text{ [V] } \dots\dots\dots \text{⑥}$

アンテナに供給される電力 P は、式③、④及び⑥から、次式で表される。

$P = \frac{V_l^2}{R_a} = \square \text{ オ } \text{ [W] }$

- | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1 $\frac{R_0+R_a}{R_0-R_a}$ | 2 $\frac{R_a}{R_0}$ | 3 $V_{max} - V_{min}$ | 4 $V_f - V_r$ | 5 $\frac{V_{max}V_{min}}{R_a}$ |
| 6 $\frac{R_0-R_a}{R_0+R_a}$ | 7 $\frac{R_0}{R_a}$ | 8 $\frac{V_{max}}{V_{min}}$ | 9 $\frac{V_f}{V_r}$ | 10 $\frac{V_{max}V_{min}}{R_0}$ |