



試験種別	試験科目	専門分野
線路主任技術者	専門的能力	水底線路

問1 次の問いに答えよ。

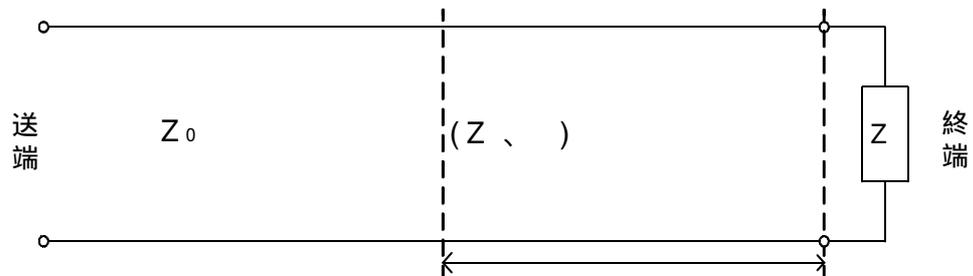
(小計20点)

- (1) 次の文章は、複合線路の概要について述べたものである。□内の(ア)～(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

特性インピーダンス及び伝搬定数の異なる幾つかの線路を縦続接続することによって構成される線路は複合線路といわれる。複合線路は、一様線路と比較して、より現実的である一方、解析が複雑である。しかし、この複合線路も一様線路の考え方を基礎にして □(ア) を導入することにより解析を容易にすることができる。

図に示すように、特性インピーダンス $Z_0$ の一様線路をインピーダンス $Z$ で終端した場合、 $Z$ における □(ア) は、□(イ) で表され、任意の点における電圧、電流及びインピーダンスを簡単な計算により求めることが可能となる。

例えば、伝搬定数を  $\gamma$  とすると、終端したインピーダンス $Z$  から距離  $l$  の点のインピーダンス $Z$  を求めるとき、終端から距離  $l$  の点の □(ア) が □(ウ) で表されるため、 $Z = Z_0 \tanh(\square(ウ))$  となる。特別な場合として終端短絡の場合、終端の □(ア) は □(エ) となる。



〈(ア)～(エ)の解答群〉			
偏角	角周波数	無限大	2
$\tanh \frac{Z}{Z_0}$	$\tanh \frac{Z_0}{Z}$	$\tanh^{-1} \frac{Z}{Z_0}$	$\tanh^{-1} \frac{Z_0}{Z}$
+	-	— +	— -
0	1	位置角	位相角

- (2) 次の文章は、メタリック伝送線路の電氣的諸特性などについて述べたものである。  内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。  
(3点×4 = 12点)

( ) 雑音及びひずみについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、  (オ) である。

<(オ)の解答群>

導体中の自由電子の熱的じょう乱運動によるもので、増幅器などで発生する雑音は、インパルス性雑音といわれる。インパルス性雑音を避けることは原理的に不可能であり、全周波数に対して一様に分布していることから白色雑音ともいわれる。

多重通話路において非直線ひずみを有する部分では、高調波のほかに和周波数及び差周波数の種々の組合せからなる相互変調積による結合波が発生し、各部分で発生したこれらのひずみは、逐次累積されて非了解性の漏話となる。

伝送系の減衰量が周波数に対して一定でないために生ずるひずみは、減衰ひずみといわれる。音声回線において、特定の周波数で減衰量が特に少ないと、その周波数において鳴音を起こしやすくなる。

伝送系の入力と出力が比例関係にないために生ずるひずみは、非直線ひずみといわれ、波形ひずみの原因となる。

( ) 伝送線路のインピーダンスと反射について述べた次のA～Cの文章は、  (力) 。

- A 線路上の任意の点 における電圧  $V$ 、電流  $I$  をそれぞれ、 $V = A e^{-\gamma z} + B e^{\gamma z}$ 、 $I = \frac{1}{Z_0}(A e^{-\gamma z} - B e^{\gamma z})$  とするとき、インピーダンス  $Z$  は、 $Z = Z_0 \frac{A e^{-\gamma z} + B e^{\gamma z}}{A e^{-\gamma z} - B e^{\gamma z}}$  となり、その点における電圧反射係数は、 $\Gamma = \frac{B e^{\gamma z}}{A e^{-\gamma z}}$  と表すことができる。ただし、 $Z_0$  は線路の特性インピーダンス、 $\gamma$  は伝搬定数、 $A$ 、 $B$  は端末条件により定まる積分定数とする。
- B 線路の終端負荷を  $Z_L$  とするとき、これが特性インピーダンス  $Z_0$  に近いほど反射波は小さくなる。 $Z_L = Z_0$  のとき反射は消滅し、この状態をインピーダンスが整合しているといい、入射波の電力はすべて終端負荷に吸収される。
- C 反射波が存在すると、入射波と合成され定在波が発生し、その振幅の最大値と最小値の比を定在波比 (SWR) という。電圧定在波比 (VSWR) と電圧反射係数  $\Gamma$  の間に成立する関係式は、 $VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$  である。

<(力)の解答群>

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

- ( ) 伝送線路の減衰特性について述べた次の文章のうち、正しいものは、 (キ)  である。

<(キ)の解答群>

導体中を流れる電流は、その周波数が高くなると導体内を一様に流れるのではなく、導体表面に集中し、電流密度は、表面から深くなるに従って指数関数的に減衰する。この現象は、表皮効果といわれる。

導体の抵抗は、近接効果などのため高周波になるほど増大し、また、漏れコンダクタンスも誘電体損失のため高周波になるほど増大する。これらにより、一般に、減衰定数は周波数の2乗に比例して増大する。

減衰定数を小さくするためには、抵抗と漏れコンダクタンスを小さくすることが必要であり、そのためには、導体径を大きくすること、絶縁物の誘電体損失を大きくすることが有効である。

線路における減衰量が最小になる条件は、 $RC = GL$ であるが、実際の伝送線路においては、 $RC < GL$ であるので、 $C$ を大きくするか $L$ を小さくすると減衰量は減少する。ただし、 $R$ は抵抗、 $C$ は静電容量、 $G$ はコンダクタンス、 $L$ はインダクタンスを示す。

- ( ) 反射係数、透過係数などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (ク)  である。

<(ク)の解答群>

反射電圧と入射電圧の比を電圧反射係数といい、特性インピーダンス $Z_0$ の線路にインピーダンス $Z_1$ の負荷が接続されたときの電圧反射係数は、 $\frac{Z_1 + Z_0}{Z_1 - Z_0}$ と表すことができる。また、このとき電圧透過係数は、1から電圧反射係数を減じた値となる。

特性インピーダンス $Z_1$ を持つ一様線路の終端に、特性インピーダンス $Z_2$ を持つ一様線路が接続されているとき、接続点における電流反射係数は、電圧反射係数に $-1$ を掛けた値となり、電流透過係数は、1から電圧反射係数を減じた値となる。

線路の末端が開放のときは、終端されるインピーダンスは無限大となることから、電圧反射係数の値は $-1$ となり、線路の末端が短絡されている場合は、電圧反射係数の値は1となる。

特性インピーダンス $50$  [ ]の線路に、特性インピーダンス $300$  [ ]の線路を接続した場合、 $50$  [ ]の線路側からみた電圧透過係数と $300$  [ ]の線路側からみた電圧透過係数は等しい。

- (1) 次の文章は、光ファイバにおける非線形光学現象について述べたものである。□内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光を固体に入射すると、光の電界がその固体を形成している個々の原子の中の電子を振動させ、あたかも入射した光が透過したようにそれと同じ周波数の光が放出される。しかし、高強度の光を入射すると電界の振幅と電子の振動振幅とが比例しなくなり、入射光の電界が正弦波のとき、電子の振動は正弦波からずれてしまう現象が生じ、異なる周波数成分を持つようになる。この現象は非線形光学効果といわれる。

非線形光学効果は、単位面積当たりの光強度と相互作用長の積に影響され、断面積が小さく、全長が相互作用長となっている光ファイバにおいては顕著に表れる。

光ファイバに高強度の光を入射すると、□(ア)が光の電界の強度の2乗に比例して変化する現象が生ずる。この現象は□(イ)といわれ、入射された光自身が誘起した□(ア)変化によって、光の位相が急激に変化する□(ウ)を生じ、この結果、短光パルスのスペクトルの広がりが生ずる。

特に、波長多重伝送など大容量の光伝送において障害となる非線形光学効果として□(エ)といわれる現象がある。これは、異なる三つの波長の光が入射されたときに新たな波長の光が生ずる現象で、波長多重伝送では、特定の信号光に干渉して伝送品質の劣化を引き起こす。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

ブリルアン散乱	レイリー散乱	屈折率	ラマン効果
自己位相変調	相互位相変調	二光波混合	透磁率
第二高調波発生	第三高調波発生	光カー効果	誘電率
モードフィールド径		四光波混合	
光パラメトリック発振		ホトリフラクティブ効果	

(2) 次の文章は、光ファイバの特徴などについて述べたものである。  内の(オ)～(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。 (3点×4=12点)

( ) 光ファイバの導波原理、誘電体材料などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (オ) である。

〈(オ)の解答群〉

光ファイバは、コアといわれる中心部と、これを同心円状に取り囲むクラッドといわれる部分から構成されており、コアの屈折率は、クラッドの屈折率と比較して、大きく設計されている。

クラッドに相当する部分に多数の空孔を周期的に配列したホトニック結晶光ファイバは、分散特性を柔軟に制御可能、曲げ損失が小さい、モードフィールド径の大きさの制御が容易などの特性を有している。

石英系光ファイバには、主成分として純粋な石英、屈折率を変化させるためのドーパントとしてゲルマニウム、ホウ素、フッ素などが用いられている。

プラスチック光ファイバの材料としては、0.6～0.8[μm]付近の比較的短い波長域で用いられるフッ素系樹脂、0.8～1.3[μm]の波長域で用いられるアクリル系樹脂などがある。

( ) 光ファイバの構造パラメータなどについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A マルチモード光ファイバの特性を表す基本的なパラメータである遮断波長は、マルチモードとなるための最小限の波長をいう。

B シングルモード光ファイバの構造を決定するパラメータの一つである、モードフィールド径は、光強度分布がガウス型で近似できるとき、光強度(光パワー)が最大値に対して $\frac{1}{e^2}$ (eは自然対数の底)になるところの直径をいう。

C マルチモード光ファイバの構造を決定する要因の一つである屈折率分布には、S I形とG I形がある。S I形は、G I形と比較して、各モード間の伝搬時間差を出来るだけ小さくするために開発されたマルチモード光ファイバである。

〈(カ)の解答群〉

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

( ) 光ファイバの損失要因について述べた次の文章のうち、正しいものは、(キ) である。

〈(キ)の解答群〉

ガラス材料が持つ固有の吸収損失である紫外吸収は、波長 $0.1$  [ $\mu\text{m}$ ]近くに損失ピークを持ち、赤外吸収は、 $0.94$  [ $\mu\text{m}$ ]、 $1.24$  [ $\mu\text{m}$ ]及び $1.38$  [ $\mu\text{m}$ ]に損失ピークを持つ。また、不純物による吸収損失としては、水酸イオン( $\text{OH}^-$ )によるものがあり、その損失ピークは、 $10$  [ $\mu\text{m}$ ]付近にある。

光ファイバの材料固有の損失であるレイリー散乱損失は、熔融状態のガラス材料が熱的な揺らぎを残したまま固化することにより生ずる屈折率の揺らぎに起因するものであり、レイリー散乱損失の大きさは波長の4乗に反比例する。

構造の不均一性による散乱損失とは、クラッドと被覆との境界面に存在する微小な揺らぎ、すなわち凹凸に起因する損失であり、理想的に真円がかつ長手方向に均一な完全に円筒状のクラッドが形成できないことにより生ずる損失である。

マイクロベンディングロスとは、光ファイバの側方からの不均一な応力による光ファイバ軸の微小で不規則な曲がりによって生ずる損失であり、光ファイバの軸方向の収縮による座屈では発生しない。

( ) 光ファイバの伝搬モードなどについて述べた次のA～Cの文章は、(ク) 。

- A マルチモード光ファイバは、各波長ごとに複数の伝搬モードが存在できるが、波長が長くなるほど、より多くの伝搬モードが存在できる。
- B 伝搬モードにおいて基本モードは、光ファイバのコア軸の中心で最も電界が強くなる電界分布を示すが、高次モードでは、最も電界が強くなる箇所がコア軸の中心から外側にずれて、コア軸の中心部では電界がゼロとなるモードがある。
- C 光を波として取り扱うとき、コアとクラッドの境界面で反射した光は回折を起こし、一定の間隔で定在波を形成しながら伝搬するが、コアとクラッドの境界は定在波の山となっている。

〈(ク)の解答群〉

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

- (1) 次の文章は、光海底中継器の特性について述べたものである。□内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光海底中継器の光増幅器としては、一般に、エルビウム添加光ファイバ増幅器(EDFA)が用いられている。希土類イオンの一つであるエルビウムイオンには、特定の波長の光を吸収し、1.55 μm帯の光エネルギーに変換して放出するという性質があり、EDFAは、この性質を利用した光増幅器である。

低雑音の増幅を目的とした場合、EDFAの励起光源としては、一般に、□(ア) μm帯の励起光が用いられており、EDFAに入力した1.55 μm帯の光信号は□(イ)により励起光と合波され、エルビウム添加光ファイバ(EDF)を通過しながら光信号のまま増幅される。

EDFの出力側には、増幅された光が反射して不安定になることを防ぐため、逆行する光を抑圧する□(ウ)が接続される。さらに、□(ウ)の後段には光増幅に伴い発生した□(エ)雑音による不要な光を除去するために光フィルタが接続されている場合がある。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

0.65	熱	等化回路	光アイソレータ
0.98	量子化	光スイッチ	光ファイバカプラ
1.31	光偏向器	光減衰器	ショット
1.48	A S E	光コネクタ	バイアス回路

- (2) 次の文章は、光海底中継器及び光海中分岐装置について述べたものである。□内の(オ)~(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

- ( ) 光海底中継器の基本構造と特徴について述べた次の文章のうち、誤っているものは、□(オ)である。

〈(オ)の解答群〉

光海底中継器は、光海底中継器回路などを収容する耐圧筐体きょうたいと、ケーブル引留部などを収容するケーブルカップリングからなり、これらをジョイントチャンバで機械的に接続することで約60度まで自由に屈曲可能な構造となっている。

光海底中継器の耐圧筐体は、一般に、鉄鋼やステンレス鋼と比較して耐食性と機械強度に優れたベリリウム銅合金が用いられている。

フィードスルーは、給電線と光ファイバを耐圧筐体内に導入するための部品で、給電線を兼ねる耐水圧パイプ内に光ファイバを通し、光ファイバを保護する構造となっている。

耐圧筐体内は、光海底中継器回路の信頼性を確保するため、25年以上にわたり約1気圧、相対湿度20[%]以下を維持するように設計されている。

( ) 光海底中継器の耐圧筐体の信頼性などについて述べた次のA～Cの文章は、(力)。

- A 光海底中継器は、主にケーブル船の敷設機構などを通過する際に、一時的な負荷として衝撃や振動を受けるため、耐衝撃特性試験や耐振動特性試験が実施される。耐衝撃特性試験の規格としては、最大で10[G](98[m/s<sup>2</sup>])程度が採用されている。
- B 光海底中継器の耐圧筐体は、水深8,000[m]の水圧に耐えることを条件に、一般に、3.0の安全率を見込んで設計されており、筐体寸法が大きくなっても基本的な設計手法は変わらない。
- C 電子回路や光回路を実装した光海底中継器内部ユニットは、内部温度の上昇を抑えて所要の信頼度を確保するため、放熱緩衝構造部を介して耐圧筐体の実装されている。

〈(力)の解答群〉

- |              |                |         |
|--------------|----------------|---------|
| Aのみ正しい       | Bのみ正しい         | Cのみ正しい  |
| A、Bが正しい      | A、Cが正しい        | B、Cが正しい |
| A、B、Cいずれも正しい | A、B、Cいずれも正しくない |         |

( ) 光海底中継器の給電方法などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、(キ)である。

〈(キ)の解答群〉

線形中継方式の光海底ケーブルシステムに用いられる光海底中継器は、光信号を電気信号に変換することなく直接増幅するため、伝送距離が同じ場合、再生中継方式の光海底ケーブルシステムに用いられる光海底中継器と比較して高電圧給電を必要とせず、約10分の1の給電電圧で動作する。

線形中継方式の光海底ケーブルシステムに用いられる光海底中継器は、再生中継方式の光海底ケーブルシステムに用いられる光海底中継器と同様に、過電流に対する保護回路を有している。

光海底ケーブルシステムの給電線は、フィードスルーを介して光海底中継器の耐圧筐体<sup>きょう</sup>に接続されるが、一般に、すべての光海底中継器が同じ電圧で動作するようにフィードスルー内にはコンデンサが内蔵されている。

光海底ケーブル給電装置により給電を立上げる際、光海底中継器を安定動作させるため、瞬時に、給電電流が規定値に達するように設計されている。

- ( ) 光海中分岐装置の基本構造と特徴などについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、 である。

<(ク)の解答群>

光海中分岐装置は、耐圧筐体、ケーブルカップリング、海中アースなどから構成されており、敷設及び回収の作業性を考慮し、一般に、主ケーブルに2本の分岐ケーブルを接続する構成が採られている。

海中分岐装置の光信号の分岐方法には、空間分割分岐方式、波長分割分岐方式などがあり、ファイバペア単位で振り分ける空間分割分岐方式が最も簡単で、一般的に使用されている。

海中アースは、耐食性に優れた金属を電極として光海中分岐装置につながる光海底ケーブル部分に取り付けたもので、一般に、電極は海中における電解反応を考慮し陰極性で使用される。

光海中分岐装置の耐圧筐体と海中アースが離れていると、電位差による腐食電流が大きくなり耐圧筐体が腐食するおそれがあるため、電極は耐圧筐体に直接取り付けるか又は最大でも1[m]以内に設置する必要がある。

問4 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、浅海部における光海底ケーブル陸揚工事について述べたものである。 内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光海底ケーブルの陸揚工法には、代表的なものとして、ケーブル敷設船けん引法と けん引法がある。

ケーブル敷設船けん引法は、主に、陸揚距離が の場合に採用され、沖合いでの船固めの後、船首又は船尾より陸揚用ロープを作業船で引出し、陸上に設置した大型の滑車とケーブル敷設船の間に橋渡ししてから、ケーブル敷設船側で陸揚用ロープを巻き光海底ケーブルを陸揚げする方法である。

けん引法は、ケーブル敷設船けん引法と比較して陸揚距離が長い場合であっても実施可能で、ケーブル敷設船からのワイヤロープをブルドーザなどの牽引車で引っ張り、ケーブルを陸揚げする方法である。

光海底ケーブルの陸揚工事において、陸揚点の沖合いに停船して船固めする方法としては、船首及び船尾のアンカを用いる方法や、ケーブル敷設船の推進器や などを制御し、 が可能なDPSを用いる方法などがある。

<(ア)~(エ)の解答群>

数[m]	先端	中間	スラスト
数百[m]	バウシーブ	海岸	低速移動
数[km]	回頭	後進	定点保持
数十[km]	フロート	間接	クレーン

(2) 次の文章は、光海底ケーブルの敷設工事などについて述べたものである。  内の(オ)~(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。

(3点×4=12点)

( ) 光海底ケーブルの陸揚地及びルートを選定方法について述べた次の文章のうち、誤っているものは、  (オ) である。

<(オ)の解答群>

机上で光海底ケーブルのルートを選定する場合、海底の急こう配な場所を避け、できるだけ最短となるように等角コースに沿って、ルートを選定する。

光海底ケーブルの陸揚地の選定条件としては、船舶が投錨<sup>びよう</sup>するおそれがないことが挙げられ、一般に、避難港、漁港などの区域内は、陸揚地として選定されない。

光海底ケーブルの陸揚地の選定条件としては、埋設を要する区間が短く、かつ、埋設が容易な底質であることが挙げられる。また、埋設が困難な岩礁<sup>しよう</sup>などがある場合は、保護管による光海底ケーブルの保護対策が行えることが必要である。

光海底ケーブルのルート選定においては、斜面の堆積物<sup>たい</sup>が海底地震などで地滑りを起こすおそれがあるため、斜面を長く横切るとは避け、また、大きな河川の河口付近を横切るとも避ける。

( ) 海洋調査方法と使用機器について述べた次のA~Cの文章は、  (カ) 。

A 海洋調査の実施方法としては、単一ビーム測深器による複数の測線の直下水深データから海底地形を得る方法、マルチビーム測深器による幅数[km]から数十[km]にわたる水深データから海底地形を得る方法などがある。

B 海洋調査項目の海底面状況調査に使用する機器としては、サイドスキャンソナー、XBT、水中カメラなどがある。

C 光海底ケーブルの埋設可否を判断するためには、海底面下の状況を把握する必要がある。海底面下の状況調査に使用する機器としては、ソノプローブ、サブボトムプロファイラなどがある。

<(カ)の解答群>

Aのみ正しい                      Bのみ正しい                      Cのみ正しい

A、Bが正しい                      A、Cが正しい                      B、Cが正しい

A、B、Cいずれも正しい                      A、B、Cいずれも正しくない

- ( ) 海中設備の接続、試験、船積み方法などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (キ)  である。

〈(キ)の解答群〉

光海底ケーブルの接続後の試験には、光海底ケーブルの引っ張り試験などの機械的な強度確認試験と光ファイバの導通試験などの光学的な確認試験がある。

光海底ケーブルシステムの監視は、給電した状態で行われるため、光海底ケーブルの敷設中においては、光海底中継器の特性試験は実施できない。

敷設工事において、光海底ケーブルはケーブルタンク内でコイル状に巻かれており、万一、給電が中断(若しくは瞬断)した場合、コイルの逆起電力により光海底ケーブルシステム内にサージ電圧が生じ、光海底中継器を破損するおそれがあるため、タンクに水を入れるなどによりサージ電圧を抑える方法がある。

光海底ケーブルは複数のケーブルタンクにまたがって積み込むことができないため、必ず船上での接続が必要になる。

- ( ) 光海底ケーブルの敷設方法について述べた次の文章のうち、正しいものは、 (ク)  である。

〈(ク)の解答群〉

光海底ケーブルの敷設中に、ケーブル敷設船が敷設方向に海底面上昇傾斜を観測したとき、光海底ケーブルが宙づり状態になるのを避けるためには、ケーブル敷設船の船速を上げる必要がある。

ケーブル敷設船を用いて動水力学定数が異なる2種類の光海底ケーブルを敷設する場合、同じ船速では動水力学定数が小さいほどケーブル傾斜角(海面と光海底ケーブルとのなす角)は小さくなる。

ケーブル敷設船を用いて光海底ケーブルを敷設する場合、光海底ケーブルの繰出速度が速いほど、ケーブル傾斜角は大きくなる。

船速が一定な敷設船から船速より遅い繰出速度で光海底ケーブルを平坦な海底地形に敷設する場合、敷設船から海底の光海底ケーブル着底点までのケーブル敷設形状は、一直線となり、着底点においてケーブル張力はゼロとなる。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられる光海底ケーブルの機械的特性について述べたものである。□内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

光海底ケーブルは、敷設・引揚げに際して大きな張力を受ける。その大きさは光海底ケーブル自身の単位長当たりの□(ア)に水深すなわち長さを乗じた重量、船の動揺に伴う変動的な張力及び光海底ケーブルが海水から受ける抵抗力などの総和で与えられる。

光海底ケーブルの破断強度が10[kN]、その□(ア)が0.5[kN/km]である場合、光海底ケーブルの□(ア)で規格化した□(イ)は20[km]である。これは、例えば、水深8,000[m]で光海底ケーブルの自重の□(ウ)倍の重量に耐えることを意味しており、水深8,000[m]からのケーブル回収が可能であることの指標となる。

海底に敷設された光海底ケーブルは、水深に比例した高い水圧を受ける。水深8,000[m]相当の水圧である□(エ)[MPa]でも、内部構造体の変形は極めて少なく、光ファイバへの影響がないように設計されている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

空中重量	ヤング率	応力集中係数	モジュラス
引っ張り強度	水中重量	N O T S	N T T S
0.8	2.5	5	8
40	80	400	800

(2) 光海底ケーブルシステムの設計について述べたものである。  内の(オ)~(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。 (3点×4=12点)

( ) エルビウム添加光ファイバ増幅器(EDFA)を用いた光海底中継器について述べた次の文章のうち、誤っているものは、  (オ) である。

<(オ)の解答群>

光海底中継器の電気的特性として、電流・電圧特性、直流絶縁耐圧及び直流絶縁抵抗が規定され、また、光海底中継器の電源部分は、ケーブル故障などの際に光海底ケーブル内部導体を伝搬することがある電氣的サージから中継器回路を保護するように設計されている。

光海底中継器の監視回路は、光海底中継器の光出力信号を利用して、光海底中継器の状態を陸上の監視装置に伝えるものであるが、光折り返し回路により故障区間を判定するためのループバック信号などを送出する機能や光海底中継器の光入出力レベル、励起光源のレーザダイオード(LD)のバイアス電流、光伝送信号のビット誤り率を測定する機能などを有している。

光海底中継器には、信頼性向上のため、複数のLDの出力を合波し、また、分波して一つのファイバペアの上りと下り両方のEDFAに励起光を供給する方式を採用したものがある。

光海底中継器に用いられるEDFAには、信号光と励起光の伝搬方向が同じである前方励起方式及び伝搬方向が逆である後方励起方式がある。一般に、前方励起方式は雑音特性に優れており、後方励起方式は高出力化に適しているという特徴がある。

( ) 光海中分岐装置について述べた次のA~Cの文章は、  (カ) 。

A 光海中分岐装置は、光ファイバを空間的に分岐するほか、光ファイバ内の複数の波長の光信号のうち、一部を分岐する波長選択分岐機能を持つ光海中分岐装置が実用化されている。

B 光海中分岐装置の中には、給電路の切替え回路が実装されているものがある。これは一つの分岐ケーブルに故障が発生した場合でも、他の分岐ケーブルの通信の確保を可能とするためである。給電路の切替えは、分岐装置での各分岐ケーブルの海水との電位差を制御することにより行われる。

C 現在、実用化されている光海中分岐装置の最大分岐数が3であることから、4以上の対地を有する光海底ケーブルシステムでは、一般に、二つ以上の光海中分岐装置が用いられる。

<(カ)の解答群>

Aのみ正しい	Bのみ正しい	Cのみ正しい
A、Bが正しい	A、Cが正しい	B、Cが正しい
A、B、Cいずれも正しい	A、B、Cいずれも正しくない	

- ( ) 光海底ケーブルシステムの設計寿命と信頼度について述べた次の文章のうち、正しいものは、**(キ)** である。

〈(キ)の解答群〉

光海底ケーブルシステムにおける故障修理は、多大な費用を必要とし、長期間にわたって通信が途絶するなど深刻な影響を与える。このため、光海底ケーブルシステムの海中設備や陸上設備には高い信頼性が要求され、設計寿命期間中における海中設備と陸上設備の部品故障によるシステム故障が、3回以下となるよう設計されている。

光海底ケーブルシステムに用いられるLDは、一般に、50〔 〕又は70〔 〕といった高温環境で多数のサンプルを動作させ、経過時間と累積故障率の関係をプロットして信頼度が評価される。その後、アレニウスの関係式から実際の動作環境での寿命が推定される。

陸揚局の端局設備の主要部分には、冗長構成を採用し高信頼化を図る工夫がなされている。また、端局設備は陸上にあるため端局設備の修理時間は、一般に、ケーブル敷設船による海中設備の修理時間と比較して短い。したがって、端局設備に割り当てる設計上の故障率は、ゼロである。

光海底ケーブルシステムの信頼性が特に必要となる部分には、一般に、冗長構成が用いられる。故障率〔件/時間〕の部品を並列に配置する冗長構成においては、一つの部品が故障した場合にもう片方の部品で機能を維持することにより、冗長構成部分の故障率を  $\frac{1}{2}$  に低減する効果がある。

- ( ) 光海底ケーブルシステムの信頼性設計において、下記の条件の場合、設計寿命期間中の海中設備故障回数(シップリペア数)は、約 **(ク)** 回である。

(条件)

設計寿命：25年

光海底中継器1台あたりに割り当てられた故障率：80〔FIT〕

光海底中継器台数：140台

利得等化器1台あたりに割り当てられた故障率：15〔FIT〕

利得等化器台数：20台

光海底ケーブルには、故障率を割り当てないこととする。

その他の海中設備の故障率は、考慮しないものとする。

〈(ク)の解答群〉

0.25

0.5

1.5

2.5

## 試験問題についての特記事項

- (1) 試験問題に記載されている製品名は、それぞれ各社の商標又は登録商標です。なお、試験問題では、® 及び TM を明記していません。
- (2) 問題文及び図中などで使用しているデータは、すべて架空のものであります。
- (3) 試験問題、図中の抵抗器の表記は、旧図記号を用いています。また、トランジスタについても、旧図記号を用いています。

新図記号	旧図記号
	

- (4) 論理回路の記号は、MIL記号を用いています。
- (5) 試験問題では、常用漢字を使用することを基本としていますが、次の例に示す専門的用語などについては、常用漢字以外も用いています。  
[例] ・迂回(うかい) ・鍵(かぎ) ・筐体(きょうたい) ・桁(けた) ・躰(しつけ) ・充填(じゅうてん) ・輻輳(ふくそう)  
・燃り(より) ・漏洩(ろうえい) など
- (6) バイトは、デジタル通信において情報の大きさを表すために使われる単位であり、一般に、2進数の8桁、8ビットです。
- (7) 情報通信の分野では、8ビットを表すためにバイトではなくオクテットが使われますが、試験問題では、一般に、使われる頻度が高いバイトを用いています。
- (8) 法令に表記されている「メガオーム」は、「メガオーム」と同じ単位です。
- (9) 試験問題のうち、正誤を問う設問において、句読点の有無など日本語表記上若しくは日本語文法上の誤りだけで誤り文とするような出題はしていません。