

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、一様線路における伝送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。(2点×4=8点)

往復2導体を用いた通信線路は、その伝送特性を決定する電氣的定数が信号の伝搬方向に分布している分布定数回路として扱うことができる。通信線路の基本的特性は、材質、寸法の等しい往復2導体が均一な媒質中に存在し□(ア)方向に対してその導体間隔が一定で、かつ、伝送される信号の波長に比較して極めて□(イ)場合の一様線路として求められる。この線路の往復導体の単位長当たりの抵抗をR、インダクタンスをL、往復導体間の単位長当たりの漏れコンダクタンスをG、静電容量をCとすると、これらR、L、G、Cは、線路の1次定数といわれる。

これら1次定数から導かれる減衰定数、位相定数、伝搬定数、特性インピーダンス $Z_0$ などは、2次定数といわれる。伝搬定数と特性インピーダンス $Z_0$ は、以下の式で表すことができる。

$$\alpha = \sqrt{\frac{R}{L} + \frac{G}{C}} = \square \text{ (ウ)}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \square \text{ (エ)}$$

ただし、jは虚数記号を、 $\omega$ は伝送波の角周波数を、 $\theta$ は特性インピーダンスの偏角をそれぞれ表し、eは自然対数の底とする。

<(ア)~(エ)の解答群>

長さ	等しい	速い	直径
太さ	遅い	小さい	大きい
$\sqrt{(R - j\omega L)(G - j\omega C)}$		$\sqrt{(L - j\omega R)(C - j\omega G)}$	
$\sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$		$\sqrt{(L + j\omega R)(C + j\omega G)}$	
$\sqrt{\frac{R - j\omega L}{G - j\omega C}}$		$\sqrt{\frac{C - j\omega G}{L - j\omega R}}$	
$\sqrt{\frac{G + j\omega C}{R + j\omega L}}$		$\sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$	

(2) 次の文章は、一様線路等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)

( ) 減衰量最小の条件と無ひずみ伝送条件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>

実際の線路では、一般的に「 $RC = GL$ 」である。このため、 $L$ を増加させることによって減衰量最小条件である「 $RC = GL$ 」に近づけ、減衰量を小さくする方法は装荷といわれる。

一様線路の無ひずみ伝送の条件は、伝送に用いる周波数帯域全体にわたりインピーダンスと減衰定数  $\alpha$  が周波数  $f$  に比例し、かつ、位相定数  $\beta$  が周波数  $f$  に無関係に一定であることである。

減衰量最小条件の関係式が成立したときの2次定数において、減衰定数  $\alpha$  は一定値  $\sqrt{RG}$ 、特性インピーダンスは一定値  $\sqrt{\frac{R}{G}}$  であり、偏角の大きさは0である。

減衰量は、2次定数の一つである減衰定数  $\alpha$  の大小によって決まる。周波数が30 [kHz]以上の高周波数帯域において、 $\alpha$  は次の近似式で表すことができる。

$$\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

( ) 1次定数及び2次定数に関する次のA～Cの文章は、 (力) 。

A 1次定数は、周波数  $f$  に対して一定ではなく、表皮作用あるいは近接作用などのために30 [kHz]以上の高周波数帯域では、周波数  $f$  が高くなるにつれて  $R$  は増加し、 $G$  は誘電体損失のため周波数  $f$  に比例して増加する。また、音声周波数程度の低周波数帯域では、周波数  $f$  が高くなるほど  $L$  は減少する。

B 線路長を無限大とした場合、一様線路の任意の点における電圧  $V$ 、電流  $I$  を2次定数で表せば次式となる。ただし、次式の  $A$  は、端末条件により定まる積分定数である。

$$V = A e^{-\gamma x}$$

$$I = \frac{1}{Z_0} A e^{-\gamma x}$$

この二つの式より、入力インピーダンス  $Z$  は、 $Z = \frac{V}{I} = Z_0$  となり、線路上の距離  $x$  における入力インピーダンス  $Z$  は、距離に無関係に特性インピーダンス  $Z_0$  に等しくなる。すなわち、特性インピーダンス  $Z_0$  とは、無限に延びた一様線路の任意の点におけるインピーダンスである。

C 特性インピーダンス  $Z_0$  及び伝搬定数  $\gamma$  が異なる幾つかの線路を縦続接続することによって得られる線路は、複合線路といわれる。複合線路の接続点において、伝搬される信号の一部は透過し、一部は反射するという現象が生ずる。

<(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 |         |

( ) 一様線路に関する次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 1 次定数は、ケーブルを構成する材料の特性、構造から決まる基本的な特性値であり、2 次定数は、1 次定数から導かれる伝送特性を表す特性値である。減衰定数は伝送される信号の波の減衰の程度を示し、位相定数は位相角の変化を示す量で、伝搬定数は無名数である。
- B 音声周波数程度の低周波数帯域において、特性インピーダンス  $|Z_0|$  は周波数  $f$  に比例して増加し、減衰量も周波数  $f$  に比例し増加する。また、位相角は低周波数帯域において  $\sqrt{f}$  に比例して増加し、その偏角は  $-\frac{1}{4}$  [rad] に近づく。
- C 一様線路において終端を短絡した場合、終端の電流が始端の電流より大きくなる。このような現象はフェランチの現象といわれる。特に損失のない減衰定数が 0 の線路においては、線路を  $\frac{1}{4}$  波長の奇数倍の位置で短絡して終端させたとき、この現象は極度に起き、このとき線路は共振しているといわれる。

〈(キ)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 |          |

( ) ひずみと装荷に関する次の文章のうち、誤っているものは、(ク) である。

〈(ク)の解答群〉

伝送系の入力側に加えられた信号波形と出力側に現れる信号波形が異なる現象はひずみといわれ、減衰ひずみ、位相ひずみ及び非直線ひずみなどがある。音声回線の減衰ひずみは、その回線の安定度を低下させ、例えば、ハイブリッドトランスを用いた 4 線式回線において、ある周波数で減衰量が特に少ないと、その周波数に対して鳴音を起こしやすい。

位相ひずみは、伝送系の群伝搬時間が周波数によって異なるために生ずるひずみであり、遅延ひずみともいわれデータ伝送などにおいて大きな影響を及ぼす。

装荷を行うことにより、位相特性の直線性が損なわれ大きな位相ひずみを生ずることになる。装荷線路の群伝搬時間は、低い周波数になるほど、また線路が長くなるほど大きくなり、信号のひずみが大きくなる。したがって、一般的に低い周波数の信号伝送や長距離伝送には装荷方式は用いられない。

非直線ひずみは、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であり、波形ひずみの原因となる。伝送路中の増幅器などの非直線ひずみによる高調波及び混変調波の発生は、ある通話路からほかの通話路への漏話及び雑音の原因となる。

- (1) 次の文章は、光ファイバの光損失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)

光ファイバの光損失は、光ファイバ固有の損失、光ファイバの曲がりによる損失及び接続損失に大別される。光ファイバ固有の損失は、光ファイバ中を伝搬する光が散乱・吸収されることによって生ずるが、その主要因は、赤外線領域・紫外線領域におけるガラスの固有吸収、□(ア)基や遷移金属イオンなどの不純物による吸収、光ファイバ構造の不完全性による放射・散乱、コア中の微少な屈折率ゆらぎにより光が散乱される□(イ)である。□(イ)による損失は、波長の□(ウ)に反比例する。

□(ア)基による吸収は、波長2.8[μm]にピークがあるが、1.4[μm]、□(エ)[μm]にもピークが生ずる。しかし、□(ア)基の混入を防ぐ製造技術の進歩によりその吸収も減少しており、内付けCVD法で製造した石英系光ファイバでは、□(エ)[μm]のピークはほとんど消失している。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

H <sub>2</sub> O	OH	H <sub>2</sub>	3乗
4乗	0.7	0.94	レイリー散乱
ビリユアン散乱	ラマン散乱	O <sub>2</sub>	平方根
立方根	2乗	0.81	

- (2) 次の文章は、光ファイバ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)

- ( ) 光ファイバの材料による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〉

光ファイバを誘電体(媒質)の材料により分類すると、石英ガラスを主体とした石英系光ファイバ、ソーダ石灰やガラスやホウ硅ガラス等を主成分とした多成分系光ファイバ、シリコン樹脂やアクリル樹脂等から成るプラスチック系光ファイバ等に分類される。

石英系光ファイバは、主成分である純粋な石英のほかに屈折率を変化させるための添加剤として、ゲルマニウムやホウ素、フッ素などが用いられており、伝送特性の長期安定度の面でも優れているので、通信ネットワークに使用されている。

多成分系光ファイバの屈折率を変化させる添加剤としては、ナトリウムなどのアルカリ金属を使用しているものがあり、遷移金属などの不純物が混入しにくいいため石英系光ファイバに比較して低損失化が容易である。しかし、石英系光ファイバに比較して融点が高く加工しにくく、量産性に劣るなどの短所がある。

プラスチック系光ファイバは、石英系光ファイバと比較して伝送特性面では劣るが、接続が容易であることや、曲げに対しての耐力が強いことなど、取扱いが容易であるという長所がある。

( ) 光ファイバの伝搬モードによる分類と屈折率分布形状による分類について述べた次のA～Cの文章は、。

- A マルチモード光ファイバは、コアの屈折率の分布によってステップインデックス形とグレーデッドインデックス形に分類される。また、多くのモードを伝送し、その伝送ルートの差による伝送ひずみにより大容量伝送には不向きであるが、製造、接続性が比較的容易である。ステップインデックス形マルチモード光ファイバは、屈折率が階段状に変化し、コア径がシングルモード光ファイバより大きい特徴を持っている。
- B グレーデッドインデックス形のマルチモード光ファイバは、コアの中心からファイバの半径方向に屈折率が連続的に変化するもので、屈折率分布形状(プロファイル)を適切に選ぶことにより、多くの伝搬モードがある距離を伝搬するとき、各伝搬モードの伝搬時間がほぼ等しくなるように設計されたものである。各伝搬モードの速度は、屈折率の大きなコア中心部で速くなり、クラッドに近い部分では遅くなる。
- C シングルモード光ファイバは、ステップインデックス形マルチモード光ファイバのコア径を小さくし、また比屈折率差を非常に小さくすることで、基本モードのみが通過するように設計された光ファイバである。光ファイバがシングルモード形になるための条件は、次式で表される規格化周波数Vが2.405より小さいことである。ただし、 $n_1$ はコアの屈折率、 $n_2$ はクラッドの屈折率、 $a$ はコアの半径、 $\lambda$ は伝搬する光の波長をそれぞれ表す。
- $$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

<(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 |         |

( ) 光ファイバの構造について述べた次のA～Cの文章は、。

- A 光ファイバの構造を定める基本的な要素はコア径、外径(クラッド径)などであり、これらは光ファイバの構造パラメータといわれ、光ファイバの光損失、伝送帯域、機械的強度などの諸特性に影響を及ぼす。また、光ファイバの接続損失に大きな影響を及ぼす構造パラメータとしては、偏心率と非円率がある。
- B シングルモード光ファイバの構造を決定するものは、コア径、外径(クラッド径)、開口数(NA)及び屈折率分布の四つのパラメータである。これらのうち、開口数(NA)は、光ファイバへの光の入射条件を示すものであり、光源と光ファイバの結合効率に影響を与え、また光ファイバの接続損失に関してもコア径より大きな影響を与える基本的なパラメータである。
- C マルチモード光ファイバの構造は、モードフィールド直径、偏心率、外径及び遮断波長の四つのパラメータにより決定されている。モードフィールド直径は、光ファイバの径方向の光強度分布がガウス形で近似できるとき、光強度が最大値に対して $\frac{1}{2e^2}$ ( $e$ は自然対数の底とする。)になるところの直径である。

<(キ)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 |         |

( ) 光ファイバの分散と伝送帯域について述べた次の文章は、 (ク)  が正しい。

<(ク)の解答群>

マルチモード光ファイバにおいては、光ファイバ内を伝搬する各モードの伝搬速度が異なるため、パルス変調された光パルスを光ファイバへ入射したとき、光ファイバから出射された光パルスは、入射光パルスに比較してパルス幅が時間的に広がる。このため隣接パルス間隔をあまり小さくすることはできない。

光ファイバ通信で使用される光は、厳密には単一の波長ではなく、わずかではあるが波長の広がりを持っている。このため波長によって伝搬速度は異なり、波長が長くなるほど屈折率は大きくなり伝搬速度は小さくなる。これは、伝送帯域を制限する要因となり、材料の屈折率が波長に依存する特性を持つことに起因している。

光ファイバのコアとクラッドの屈折率差は大きいいため、その境界面での全反射現象は鏡面の全反射現象とは異なり、クラッド部分へ光の一部がしみ出すように全反射が起こる。このしみ出しの割合は光ファイバの材料によって決まるので、材料分散といわれる。

光ファイバ通信では、材料分散と構造分散を合わせて波長分散といい、一般的には、「材料分散<構造分散」の関係が成り立つ。このため、マルチモード光ファイバでは伝送帯域がほとんど構造分散によって制限され、材料分散やそのほかのすべての分散より伝送特性に大きな影響を及ぼす。

問3 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルに使用されるジョイントボックスの構造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)

ジョイントボックスは、光海底ケーブルを相互に接続するものであり、光ファイバの光学的な接続、 (ア) の機械的な接続、及び給電路を確保するための電氣的な接続機能を有する。光ファイバを外力から保護して機械的な強度を確保するため、ケーブルの引留め部は、通常、テーパ状の面に (ア) を挟み込み、 (イ) と接着剤により固定されている。また、海水から耐圧シリンダを電氣的に絶縁する必要があるため、絶縁材料にはケーブルで用いられる材料と同等の (ウ) が用いられ、ケーブル絶縁層との接合には同軸ケーブル以来実績のある (エ) 技術が使用されている。

<(ア)~(エ)の解答群>

押出整形	高密度ポリエチレン	かしめ力	銅チューブ
モールド	紫外線硬化樹脂	中心鋼線	ボルト締め
ウェルド	低密度ポリエチレン	収縮力	抗張力ピアノ線

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルに使用されるジョイントボックスに関し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)

- ( ) 耐圧シリンダの構造や役割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〉

耐圧シリンダは、光ファイバ接続部を敷設や回収時及び長期使用の間に受ける水圧や屈曲などの外力から保護するだけでなく、ケーブル相互の張力を伝達する役割を果たしている。

耐圧シリンダとアンカーディスクなどの構成部材相互の結合部は、光ファイバ接続部及び余長収納部への外部からの透湿を防止するために、Oリングなどのシール機構を設けて信頼性が高められている。

ジョイントボックス内での給電路は、低抵抗で高信頼性が要求されるため、光海底ケーブルの給電路を構成する銅テープを耐圧シリンダ内で相互に溶接して形成されている。

光ファイバ接続部を長期にわたり外力から保護するために、光海底中継器の耐圧きょう筐体に使われているベリリウム銅合金などの高強度金属材料が、耐圧シリンダに用いられている。

- ( ) 光ファイバ接続部及び余長収容について述べた次のA～Cの文章は、□(カ)。

- A ケーブル敷設中あるいは修理中のケーブル船上でのケーブル相互の接続には、光ファイバの接続作業を迅速、かつ、確実にを行う必要があるため、光コネクタを用いた接続法が採られる。
- B 光ファイバ接続部は、心線被覆材と同等の材料で修復されたり、補強材で補強された後、曲げやねじれによるストレスが加わらないよう、余長収容体上に収容される。
- C 光ファイバ接続のために必要な余長は、一定の曲率半径以上で巻いて収納される。この理由は、光ファイバの機械的な劣化を防ぎ、光ファイバ内でのモード分散による損失増加を起こさせないためである。

〈(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 |         |

( ) ジョイントボックスの外部構造について述べた次のA～Cの文章は、 (キ) 。

- A 海水から電氣的に絶縁するために耐圧シリンダ外部に施される絶縁層は、光海底ケーブルの絶縁材と同材料である。したがって、海底に敷設されるジョイントボックスでは、絶縁層を金属カバーで保護する必要はない。
- B ケーブル敷設船の敷設機構での通過性を高めるために、ジョイントボックスと光海底ケーブルとの結合部には、光海底ケーブルと光海底中継器との接続に用いられている自在に曲がるジンバル機構が用いられている。
- C ジョイントボックスのケーブル端部には、ケーブル敷設船の敷設機構で受ける屈曲からケーブルを保護し、滑らかに通過させるためにゴム製のテーパ状ブーツが用いられている。

〈(キ)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 |         |

( ) ジョイントボックスについて述べた次の文章は、 (ク)  が正しい。

〈(ク)の解答群〉

ジョイントボックスは、同種のケーブル相互の接続を行うためのものであり、無外装ケーブルと外装ケーブルのような異種ケーブル相互の接続には適用されない。

製造工場と比較して作業環境に制約のあるケーブル敷設船上でのケーブル接続工程では、熟練した作業者が行うため、作業中に形成された電気絶縁層のX線試験は、標準的な手順に含まれない。

ジョイントボックスの光海底ケーブル引留め部に張力が加わった場合の光ファイバのケーブル内への引込み及び突き出しを防止するため、光ファイバユニットの中心抗張力体はジョイントボックス内で相互に溶接される。

経済的で効率的なケーブル保守を目的として実用化されたユニバーサルジョイントは、共通部品をできる限り用いて、ケーブル製造メーカー別にかかわらず、様々なケーブルを接続する方法である。



- (1) 次の文章は、海底ケーブルの敷設・埋設技術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。(2点×4=8点)

海底ケーブルを漁具や錨などから防護するためには、安全な敷設ルートを選定するとともに、海底ケーブルを埋設することが重要である。埋設工事では、工事に用いられるケーブル敷設船や埋設されるケーブルの状況により、適用される埋設工法が異なる。

鋤式埋設工法は、埋設深度が、通常、□(ア) [m]程度であり、適用水深が1,500 [m]程度まで可能なものもある。また、長距離の敷設同時埋設を効率よく行うことができるが、曳航張力が大きく、大型のケーブル敷設船が必要となる。□(イ)形埋設機は曳航張力が比較的小さく軽量であるが、適用可能水深が200 [m]程度と浅い。現在広く用いられている□(ウ)形埋設機では、埋設機がケーブル敷設船の船尾からけん引ワイヤにより大きな張力で曳航され、敷設ケーブル、けん引ワイヤ及び□(エ)の3本が船尾から繰り出されるため、これらの繰出しや埋設機の監視等を綿密に行う必要がある。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

きょう導環	制御ケーブル	カッター	ドリル
チェーンロープ	多段刃	三段刃	二段刃
一段刃	0.2	1	5
10	50	トートワイヤ	

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの敷設・埋設及び工事計画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)

- ( ) ウォータージェット式埋設工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〉

ウォータージェット式埋設工法は、埋設機の掘削部にノズルを配置し、通常、0.7~1.0 [MPa] (7~10 [kg/cm<sup>2</sup>])程度の加圧水を噴射させて溝を掘り、その溝にケーブル、中継器をガイドで導き埋設する方法である。

ウォータージェット式埋設機は、掘削部を長くして噴出ノズルを水平方向に増加させることにより、ウォータージェットの噴出量を増やし、掘削深度を5 [m]程度まで深くすることができる。

ウォータージェット式埋設工法は、鋤式埋設工法に比較して曳航張力が小さくケーブル敷設船も小型のものでよいため、浅海部や狭隘な海域での同時埋設や敷設後の後埋設も可能である。

埋設機からのケーブルの離脱などにダイバの補助作業が必要になるウォータージェット式埋設機は、適用水深は約50 [m]程度までであるが、港湾横断、港の周辺など船舶投錨が予想される水域でのケーブル埋設には有効である。

( ) 工事計画について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 工事計画は、建設された光海底ケーブルシステムが長期間使用されることから、信頼性の高い工事を行うことを目標として作成されるが、光海底中継器、海中分岐装置、海底ケーブル、端局装置などのシステム構成の検討と同時に、工事に携わる人の安全性についても問題がないようにシミュレーションが行われて作成される。
- B システム構成に関しては、海洋調査結果を基にケーブル種別、中継器数を確定し、海中区間構成図(SLD)を作成する。中継器の敷設位置については、水深及び工事方法を考慮し調整するとともに、海底の堆積層が薄いところでは、摩耗に強い高張力ケーブルの使用が考慮される。
- C 工事に使用するケーブル敷設船は、ケーブルエンジン、埋設機などの操船機器の特性、スラスト能力、DPSシステム搭載の有無などの作業中の操船性、さらに、敷設船のケーブル搭載可能量や運行スケジュールなどを考慮して選択される。

〈(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	

( ) 敷設工事に関する次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 海底ケーブル工事では、ケーブル繰出速度と船速の差の船速に対する比はケーブルスラックといわれるが、敷設されたケーブルの信頼性を確保するために、水深約1,000[m]より深い深海部では2[%]程度の均一のケーブルスラックを与えることが必要である。
- B 浅海部では漁業活動が活発であり人為的なケーブル故障を避けるため、潮流の変動により砂地の部分にできるサンドウェーブがあるような、海底に起伏のある場所ではケーブルが宙づりとならないようにする。
- C ケーブル相互やケーブルと中継器の接続には接続手順、試験手順、場所、敷設順序などについて検討するが、例えば、接続にはユニバーサルジョイント等必要となる接続作業の資格を持つ者が従事し、事前に接続の練習を行い接続機器、手順を確認しておくようにする。

〈(キ)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	

( ) R O Vを用いた海底作業について述べた次の文章は、 が正しい。

<(ク)の解答群>

海中での調査や作業を行う潜水機械には、有人潜水艇と無人潜水機があり、海中曳航形の潜水機械である R O V は、有人潜水艇並びにスクーバ潜水や飽和潜水を用いるダイバと比較して、人命に危険を及ぼさず深海部での長時間の重作業が可能である。

R O Vを用いたケーブルの建設では、ケーブル敷設前に T Vカメラによる敷設海域の海底調査を行ったり、ケーブル敷設後に敷設状況の目視調査、鋤式埋設装置によるケーブル・中継器の後埋設などの作業を行う。

R O Vを用いたケーブルの保守では、T Vカメラによる建設後のケーブルの敷設状況の目視調査、超音波ソナーによるケーブルの埋設深度の測定、マニピュレータによるケーブルに掛かっている漁網などの障害物の撤去作業を行う。

R O Vを用いたケーブルの修理では、埋設されているケーブルの掘り出し、マニピュレータの先端に付けたカッターやグリッパによる故障ケーブルの切断・引揚げ支援、修理後のケーブルの後埋設などの作業を行う。

問 5 次の問いに答えよ。

(小計 2 0 点)

(1) 次の文章は、光ファイバの分散特性に関し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)

光ファイバの分散特性には、 分散、波長分散、 分散がある。これらのうち、最も伝送帯域への影響が大きい 分散については、 の使用により回避できる。波長分散については、光ファイバの波長分散特性を制御し、また、発光スペクトラム幅の小さなレーザを使用したり、その信号変調時の を小さくすることにより、伝送帯域への影響を小さくすることができる。しかし、 分散については、光ファイバの構造設計を工夫しても小さくすることは困難である。

<(ア)~(エ)の解答群>

偏波スクランブラ  
F E C  
構 造  
モードフィールド  
波長チャーピング

外部変調  
分散等化ファイバ  
マルチモード光ファイバ  
多モード発振  
シングルモード光ファイバ

材 料  
モード分散雑音  
偏 波  
分散シフトファイバ  
モード

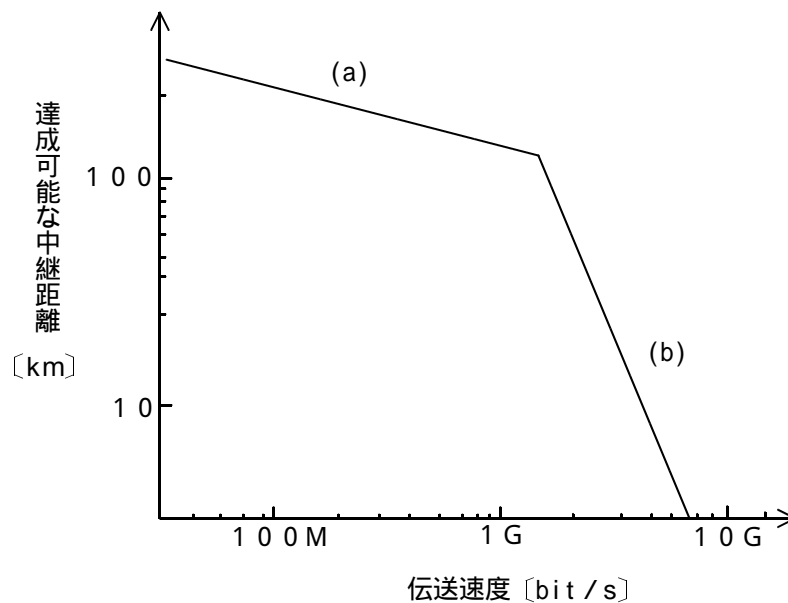
(2) 次の文章は、海底ケーブルの方式設計について述べたものである。□内の(オ)~(ク)に適したものを、下記のそれぞれの解答群から選び、その番号を記せ。(3点×4=12点)

( ) 光ファイバ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>

1.31 μm帯伝送の光海底ケーブルに使用されている光ファイバは、屈折率分布がステップインデックス形のシングルモード光ファイバであり、モードフィールド径(直径)は、10 (μm)程度である。

図は、1.55 μm分布帰還形半導体レーザ(DFB-LD)と1.55 μm帯零分散光ファイバを組合せた場合の伝送速度と中継距離の関係の例を示したものである。図中の(a)で示された傾斜は、光ファイバの光損失による制限を示しており、(b)で示された傾斜は、波長分散による制限を示している。



伝送速度と中継距離の関係

1.55 μm帯分散シフト光ファイバは、零分散波長を1.55 μm帯にシフトした光ファイバで、様々な屈折率分布形状のものが使用されているが、零分散波長をシフトするため、いずれもコア中心部の屈折率が周囲よりも若干低い形状になっている。

光増幅方式に使用されているエルビウム添加光ファイバは、コア部分にエルビウムが添加されており、0.98 μm帯や1.48 μm帯の励起光を入力することにより、1.55 μm帯の光信号を増幅する。

( ) 受光素子について述べた次のA～Cの文章は、。

- A 波長1.31 μm帯伝送の光海底ケーブルで使用されているGe受光素子は、1.55 μm帯付近で急激に量子効率が低下するため、1.55 μm帯伝送の光海底ケーブルには使用されていない。
- B 一般的に、InGaAs受光素子は、波長1.55 μm帯でSi受光素子より量子効率が高いが、1.31 μm帯ではSi受光素子の方が高い。
- C 代表的な受光素子としては、PIN-PD(PIN-Photo Diode)とAPD(Avalanche Photo Diode)があるが、再生中継方式の光海底ケーブルシステムでは、PIN-PDより高感度なAPDが主に使用されている。

<(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 |         |

( ) 再生中継光海底ケーブル方式の中継器に使用されているレーザ素子について述べた次のA～Cの文章は、。

- A 海底用の半導体レーザの信頼度の確認は、陸上用レーザに対して行われているスクリーニング試験に加え、通常、50〔 〕や70〔 〕などの高温加速試験結果から、実動作温度における劣化特性をアレニウスの関係式により推定して行われる。
- B 分布反射形半導体レーザ(DBR-LD)と分布帰還形半導体レーザ(DFB-LD)は、波長選択性があり変調時でもシングルモードで発振しやすいが、ファブリペロ形半導体レーザ(FP-LD)は変調時に多縦モードで発振しやすい。
- C 摩耗性の故障モードを有する半導体レーザでは、一般的に、中継器に要求される信頼度を達成するため冗長構成を採るが、通常、半導体レーザの立ち上がり過度特性の関係から予備系は駆動信号を印加したままの温待機としている。

<(キ)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 |         |

- ( ) 海底ケーブルシステムの信頼度設計では、一般に、要求信頼度としてフィット(FIT: Failure Interval Time)という単位が用いられている。下記の条件の場合、システム長 8,000 [km] の海底ケーブルシステムの要求信頼度について述べた次の文章は、(ク) が正しい。

(条件)

- (a) 1年を8,760時間とし、 $\frac{1}{8,760} = 1.14 \times 10^{-4}$ とする。  
(b) 海中区間に割り当てられる信頼度は、30年に3回以下の偶発故障とする。ただし、ケーブルに割り当てられる要求信頼度は、非常に小さいため無視する。  
(c) 8,000 [km] の海底ケーブルシステムの中継器台数は、100台とする。

〈(ク)の解答群〉

中継器1台当りに割り当てられる要求信頼度は、1.14 (FIT)である。

中継器1台当りに割り当てられる要求信頼度は、11.4 (FIT)である。

中継器1台当りに割り当てられる要求信頼度は、114 (FIT)である。

中継器1台当りに割り当てられる要求信頼度は、1,140 (FIT)である。