

注 意 事 項

- 1 試験開始時刻 14時20分
- 2 試験種別終了時刻

試験科目	科目数	終了時刻
「電気通信システム」のみ	1科目	15時40分
「専門的能力」のみ	1科目	16時00分
「専門的能力」及び「電気通信システム」	2科目	17時20分

- 3 試験種別と試験科目別の問題(解答)数及び試験問題ページ

試験種別	試験科目	申請した専門分野	問題(解答)数					試験問題ページ
			問1	問2	問3	問4	問5	
線路主任技術者	専門的能力	通信線路	8	8	8	8	8	線1～線15
		通信土木	8	8	8	8	8	線16～線29
		水底線路	8	8	8	8	8	線30～線44
	電気通信システム	専門分野にかかわらず共通	問1から問20まで			20		線45～線48

- 4 受験番号等の記入とマークの仕方

- (1) マークシート(解答用紙)にあなたの受験番号、生年月日及び氏名をそれぞれ該当枠に記入してください。
- (2) 受験番号及び生年月日に該当する箇所を、それぞれマークしてください。
- (3) 生年月日の欄は、年号をマークし、生年月日に1桁の数字がある場合、十の位の桁の「0」もマークしてください。

[記入例] 受験番号 01CF941234

生年月日 昭和50年3月1日

受 験 番 号									
0	1	C	F	9	4	1	2	3	4
●	○	A	A	○	○	○	○	○	○
○	●	B	B	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

生 年 月 日									
年	号	5	0	0	3	0	1		
平	成	○	●	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		
○	○	○	○	○	○	○	○		

- 5 答案作成上の注意

- (1) マークシート(解答用紙)は1枚で、2科目の解答ができます。
「専門的能力」は薄紫色(左欄)、「電気通信システム」は青色(右欄)です。
- (2) 解答は試験科目の解答欄の正解として選んだ番号マーク枠を、黒の鉛筆(HB又はB)で濃く塗りつぶしてください。
ボールペン、万年筆などでマークした場合は、採点されませんので、使用しないでください。
一つの問いに対する解答は一つだけです。二つ以上マークした場合、その問いについては採点されません。
マークを訂正する場合は、プラスチック消しゴムで完全に消してください。
- (3) 免除科目がある場合は、その科目欄は記入しないでください。
- (4) 受験種別欄は、あなたが受験申請した線路主任技術者(『線路』と略記)を で囲んでください。
- (5) 専門的能力欄は、『通信線路・通信土木・水底線路』のうち、あなたが受験申請した専門的能力を で囲んでください。
- (6) 試験問題についての特記事項は、裏表紙に表記してあります。

- 6 合格点及び問題に対する配点

- (1) 各科目の満点は100点で、合格点は60点以上です。
- (2) 各問題の配点は、設問文の末尾に記載してあります。

マークシート(解答用紙)は、絶対に折り曲げたり、汚したりしないでください。

次ページ以降は試験問題です。試験開始の合図があるまで、開かないでください。

受 験 番 号									
(控 え)									

(今後の問い合わせなどに必要になります。)

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)

伝送線路として最も基本的な2本の平行導体からなる一様線路においては、抵抗、インダクタンス、静電容量などが線路に沿って一様に存在していると考えられ、このような線路を□(ア)回路として扱うことができる。

線路上の任意の点 x における電圧 $V(x)$ 及び電流 $I(x)$ は、自然対数の底を e 、特性インピーダンスを Z_0 、端末条件により定まる積分定数を A 及び B とすれば、次式で表すことができる。

$$V(x) = Ae^{-\gamma x} + Be^{\gamma x}$$

$$I(x) = \frac{1}{Z_0} (Ae^{-\gamma x} - Be^{\gamma x})$$

ここで、 γ は□(イ)定数といわれる。 γ は一般に複素数であり、減衰定数を α 、位相定数を β 、虚数記号を j とすると、 $\gamma = \alpha + j\beta$ と表すことができる。

正弦波が線路上を進行していく場合、角周波数を ω 、任意の点 x の任意の時間 t における電圧と電流をそれぞれ $v(x, t)$ 及び $i(x, t)$ とすると、

$$v(x, t) = Ae^{-\gamma x + j(\omega t - \beta x)} + Be^{\gamma x + j(\omega t + \beta x)}$$

$$i(x, t) = \frac{1}{Z_0} \{Ae^{-\gamma x + j(\omega t - \beta x)} - Be^{\gamma x + j(\omega t + \beta x)}\}$$

となり、位相が x 、 t の関数となっていることを示しており、同一位相の点が進む速度を u とすれば、 $u = \frac{\omega}{\beta}$ □(ウ)であり、 u は位相速度といわれる。

また、特性インピーダンス Z_0 の線路をインピーダンス Z で終端したとき、終端点における電圧反射係数 Γ は、 $\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$ □(エ)となる。

<(ア)~(エ)の解答群>

時定数	伝搬	分散	分布定数
帰還	無誘導	拡散	集中定数
$\frac{Z + Z_0}{Z - Z_0}$	—	$\frac{Z_0}{Z - Z_0}$	—
—	$\frac{2Z_0}{Z + Z_0}$	—	$\frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$

(2) 次の文章は、メタリック伝送などについて述べたものである。 内の(オ)、(カ)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×2=6点)

() 伝送量などを表す場合に用いられる単位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>

伝送線路の送信端の信号電力を P_S [W]、受信端の信号電力を P_R [W] とすれば、伝送線路の減衰量 L [dB] は、 $L = 10 \log_{10} \frac{P_S}{P_R}$ となる。

電気通信分野においては、一般に、1 [mW] の電力を基準にした絶対電力レベルを表す単位として [dBm] が用いられる。この単位を用いて 1 [mW] を表すと 0 [dBm] となる。

伝送システムにおいて、基準点における絶対電力レベル [dBm] と任意の点における絶対電力レベル [dBm] との差は相対電力レベルといわれ、単位として [dB] が用いられる。

[dBm0] は、伝送システムの 0 (ゼロ) 相対レベル点における、信号の絶対電力レベルを示す単位である。例えば、-15 [dBm0] の信号の場合、相対電力レベルが -10 [dB] の点における絶対電力レベルは -5 [dBm] である。

() メタリック平衡対ケーブルについて述べた次の A ~ C の文章は、 (カ) 。

A 平衡対ケーブルは、同じ構造の 2 本の導体が対をなしているケーブルであり、2 本のそれぞれが、それ以外の導体、遮蔽体又は保護金属体 (例えば鉛被) などに対して、構造的また電氣的にほぼ等しい関係位置となっている。

B 平衡対ケーブルの抵抗は高周波で表皮効果の影響を受け、漏洩コンダクタンスは周波数に依存し、一般に、抵抗減衰量は周波数の平方根に比例し、漏れ減衰量は周波数に比例する。

C 平衡対ケーブルに使用される絶縁材料は、絶縁耐力が大きく、誘電率が高く、耐候性に優れているなどの性質に加え、焼却時や埋立処理時などにおいて環境へ及ぼす影響が小さいことも重要である。

<(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	

(3) 次の文章は、光伝送などについて述べたものである。 内の(キ)、(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×2=6点)

() 光ファイバの伝搬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>

光ファイバで伝搬可能なモード数を構造パラメータから求めるには、規格化周波数 V が用いられ、空気中の光の波長を λ 、コアの半径を a 、コアの屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 とすると、 $V = \frac{2\pi a}{\lambda} \times \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ で表すことができる。

基本モードにおける光強度分布はコア中心で最大値となり、中心から離れるにしたがって小さくなり、ポアソン分布で近似することができる。

S I 型光ファイバにおいては、コアとクラッドの境界面を臨界角よりも小さな角度で反射しながら進む光波が存在するが、この光波が光ファイバの伝搬モードになるためには、コアの中心軸に直交する方向の位相変化量が、光波の1往復に伴って $\frac{1}{2}$ の整数倍になる必要がある。

S M 光ファイバにおけ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)が最大値の $\frac{1}{e}$ (e は自然対数の底)となる直径をいう。

() 光の屈折、反射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。ただし、 θ_1 は入射角、 θ_2 は屈折角とし、いずれも境界面の法線と光のなす角度とする。

<(ク)の解答群>

屈折率 n_1 の誘電体から屈折率 n_2 の誘電体に光が入射するとき、 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_1}{n_2}$ が成り立つ。

屈折率 n_1 の誘電体から屈折率 n_2 の誘電体に光が入射するとき、 $n_1 < n_2$ の場合、 θ_2 が 90° となる角度が存在し、このときの θ_1 を臨界角又は全反射角という。

光ファイバのコアの屈折率を n_1 、クラッドの屈折率を n_2 、光ファイバの最大入射角を θ_{\max} すると、光源と光ファイバとの結合効率に影響する基本的なパラメータである開口数 NA は、 $NA = \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ で表すことができる。

屈折率 n_1 の誘電体から屈折率 n_2 の誘電体に、電界が入射面と平行な光(P偏光)が入射するとき、 $\theta_1 + \theta_2$ が 90° で無反射になる現象が生じ、このときの θ_1 はブリュースター角といわれる。

- (1) 次の文章は、光ファイバにおける光の伝搬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)

石英系光ファイバの場合、一般に、伝送損失が最小となる波長1.55 μm帯における損失は□(ア) (dB/km)程度であり、1 (km)伝送しても約95.5 (%)の光が受信側に到達する。また、□(イ)といわれる波長1.55 μm帯の周波数帯域幅は約4.4 (THz)と広帯域であることから、10 (Gbit/s)以上の伝送速度を有する高速な光通信システムが実用化されている。さらに、光ファイバケーブルは、電気信号を伝搬するメタリック平衡対ケーブル又は同軸ケーブルとは異なり、電気伝導体ではないため、電磁誘導による影響を受けず、□(ウ)も本質的に発生することがない。

光ファイバ内に光信号を閉じ込めて伝搬させる方法を導波原理により分類すると、光ファイバの中心部に屈折率の高い部分(コア)を設け、全反射の原理で光を閉じ込める方法と、光ファイバ断面内の二次元方向に規則的な配列で屈折率を変化させた領域を作り、屈折率の配列に対応した□(エ)を満たした光が光ファイバ内に閉じ込められて伝搬されるホトニックバンドギャップを利用する方法とに大別される。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
0.02	0.045	Lバンド	反転分布状態
0.2	2.0	反射減衰	スネルの法則
漏話	相互位相変調	サブミリ波	自己位相変調
Oバンド	誘導放出条件	Cバンド	ブラッグ条件

(2) 次の文章は、光ファイバ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)

() SM光ファイバの特性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>

誘電体中の電子は構成する原子や分子から離れて自由に動くことはできないが、ガラスなどの誘電体中を電磁波が伝搬すると、一般に、伝搬周波数に対応した応答を示し、これが波長分散をもたらす。

SM光ファイバは、一般に、1.3 [μm] 近傍で波長分散が零になり、1.55 μm 帯で損失が最小となる。1.55 μm 帯で波長分散を零に近づけるためには、光ファイバの比屈折率差を小さめに設定し、材料分散を小さくすることによって、波長分散を最小にする方法がある。

周波数スペクトル幅を有する光パルスは、一般に、光ファイバ内を伝搬するに従いパルス幅が広がり、信号の伝送に影響を及ぼす波長分散が発生する。波長分散の値の単位としては [ps/nm/km] が用いられ、1 [ps/nm/km] はスペクトル幅が 1 [nm] の光が 1 [km] 伝搬するとパルス幅が 1 [ps] 広がることを示している。

SM光ファイバにおいては、直交する二つの偏波成分が存在する。光ファイバが理想的な真円でなく、また完全に均質でないために生ずる二つの偏波成分間の遅延差は偏波モード分散といわれる。

() 光ファイバ増幅器の特徴などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A EDF Aはエルビウム添加光ファイバ(EDF)を用いた増幅器であり、0.98、1.48 μm帯などに励起光波長が存在し、誘導放出光の波長としては1.55 μm帯が石英系光ファイバの低損失波長帯と一致しているため広く利用されている。

B EDF Aにおいて、1.48 μm帯励起法の場合のモードフィールド径(MFD)は、波長が1.55 [μm] のMFDとほぼ一致するため高い利得を得ることができる。一方、0.98 μm帯励起法は、1.48 μm帯励起法と比較して、吸収係数は同等であるがMFDの差異が大きいため、高い利得は得られない。

C 1.3 μm帯の光ファイバ増幅器を構成する光ファイバに使用される希土類元素として、プラセオジウム、ネオジウムなどがあるが、高利得、低雑音の光ファイバ増幅器としては、プラセオジウムをフッ化物ファイバに添加したPDF A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	

- () 発光デバイスの原理、特性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〉

半導体結晶では、その構成原子の内部エネルギーは量子化された準位をとり、禁制帯を挟んで低いエネルギー領域の伝導帯と高いエネルギー領域の価電子帯に分布する。

LEDにおいては、半導体のpn接合に逆方向電圧を印加することにより、p型半導体領域に電子が、n型半導体領域に正孔が注入され、伝導帯にある電子と価電子帯にある正孔が再結合して自然放出光が発生する。

LDは誘導放出を利用したものであり、ある波長の光を入射すると同じ波長の光が誘導放出されると同時に一部が吸収される。誘導放出が吸収を上回るようにするには、pn接合に一定以上の逆方向電圧を加えて反転分布状態にする必要がある。

LDの駆動電流を変化させることによりLDの出力光強度を直接変調することが可能であるが、一般に、数〔GHz〕以上の高速変調を行うとLDは多モードで発振するようになり、発光スペクトルが広がってしまい、これが伝送距離を制限する要因の一つとなる。

- () 受光デバイスの原理、特性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〉

PDにおいては、入射光が禁制帯で吸収されることにより、伝導帯に電子が、価電子帯には正孔が励起される。これら電子と正孔は電界によってドリフトし、光電流として外部回路に取り出すことができる。

APDは、pn接合に大きな逆バイアス電圧を印加すると、わずかなキャリアの移動によって次々にキャリアが生成され、加速度的に電流が増大するアバランシェ効果による電流増幅作用を利用している。

PDの応答特性を高めるためには空乏層を広げることが必要である。空乏層を広げるためには、順バイアス電圧を印加する方法、又はp層とn層の間に不純物濃度の高い抵抗層を挟む方法がある。

PDで検出可能な光の波長領域は使用する半導体材料によって決まり、半導体材料としては、一般に、0.8〔 μm 〕以下の短波長領域ではGeが、1.0〔 μm 〕以上の長波長領域ではSiが使用される。

- (1) 次の文章は、WDM伝送システムに用いられる光海底中継器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)

WDM伝送システムに用いられる光海底中継器は、光ファイバ伝搬により減衰した信号光をエルビウム添加光ファイバ(EDF)によって光増幅中継する装置であり、一定間隔で光海底ケーブルに接続される。光海底中継器は、高い耐腐食性及び耐水圧性が要求されるため、一般に、耐圧筐体材料として (ア) が使用されている。

波長多重された信号光を光海底中継器により一括増幅するWDM伝送システムにおいて、インターネットトラヒックなどによる通信量の増大に対応するためには、光海底中継器の利得帯域の平坦化と広帯域化が不可欠である。こうしたことから、EDFAの光波長に対する利得特性 (イ) 損失特性を持つ (ウ) フィルタを用いることにより1,550nm帯において、40[nm]に及ぶ利得帯域が実現されている。

(ウ) フィルタには、光ファイバのコアに周期的な屈折率変化を形成した (エ) などが使用されており、設計自由度が高く、中継間隔及び使用波長帯域に応じた光海底中継器の利得特性の最適設計が可能となっている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

と一致する	ファイバカプラ	補 間	光アイソレータ
に再帰する	と相反する	FRP	波長分散補償
利得等化	と整合する	偏 光	アルミニウム銅合金
ベリリウム銅合金		ニッケルクロム合金	
ファイバグレーティング		光サーキュレータ	

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの構造、機能、評価方法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)

- () 光海底ケーブルの構造、機能などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (オ) である。

<(オ)の解答群>

伝送容量の増大に伴い、曲げ損失を抑えるためにコア部分への光パワーの閉じ込めを弱くして実効断面積を拡大した光ファイバを用いた光海底ケーブルが導入されている。

鉄3分割パイプ形光海底ケーブルに用いられている銅チューブは、光海底ケーブルシステムの給電路としての役割を担っているが、一般に、銅チューブ内部の光ファイバに有害な水素ガスの浸入を阻止する役割は担っていない。

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構造において、タイトタイプ構造は、ルースタイプ構造と比較して、光ファイバへのストレスを低減でき、偏波モード分散を小さく抑えることができる。

陸揚局近傍の浅海域では、漁労や錨などにより光海底ケーブルが損傷を受けやすいため、一般に、鋼線を一重又は二重に撚り込んで保護した外装ケーブルが使用されている。

- () 光海底ケーブルの機械特性の評価項目である各種張力について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A ケーブル回収工事において、システムの性能、寿命及び信頼性を著しく引き下げることなく約1時間にわたってケーブルに印加することができる最大張力は、N T T S (Nominal Transient Tensile Strength)といわれる。
- B 海洋工事において、システムの性能、寿命及び信頼性を著しく引き下げることなく約1週間にわたってケーブルに印加することができる最大張力は、N O T S (Nominal Operating Tensile Strength)といわれる。
- C ケーブル敷設後において、システムの性能、寿命及び信頼性を著しく引き下げることなくケーブルの設計寿命にわたってケーブルに印加することができる最大張力は、N P T S (Nominal Permanent Tensile Strength)といわれる。

<(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 | |

- () 光海底ケーブルの評価試験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。

〈(キ)の解答群〉

光海底ケーブルの光損失特性の評価試験では、ケーブルサンプルを用いて - 20 ~ 50 () 程度の範囲で温度サイクル試験を行い、残留劣化のないことなどの温度変化に対する特性変化量を確認する。

長距離大容量の光海底ケーブルシステムでは、給電電圧が 15 [kV] になることから、光海底ケーブル敷設前に高電圧下での長期信頼性を検証するため、ケーブルサンプルに 90 [kV] の電圧を 6 か月程度印加する試験を行う。

光海底ケーブルは、敷設・回収時にケーブル敷設船のシーブやドラムエンジンに巻き付けられながら引張力と同時に曲げ・側圧を受けることから、ケーブルサンプルを用いてシーブ試験を行い、光海底ケーブルの特性に劣化のないことを確認する。

光海底ケーブルが切断されると光海底ケーブル内に海水が浸入し、水走りした部分は再使用できないため、ケーブルサンプルに規定の水圧を長時間(2週間程度)印加する水走り試験を行い、水走り長が、要求される仕様を満足することを確認する。

- () 中継光海底ケーブルシステム及び無中継光海底ケーブルシステムについて述べた次の文章のうち、正しいものは、である。

〈(ク)の解答群〉

無中継光海底ケーブルシステムでは、光海底中継器を使用しないため、給電を必要としないことから、光海底ケーブルは、銅などの金属を使用しないで光ファイバ心線、プラスチック、ポリエチレンなどから構成されている。

中継光海底ケーブルシステムの光ファイバペア数は、光海底中継器回路数の制限から最大で3である。

無中継光海底ケーブルシステムは、中継光海底ケーブルシステムと比較して多くの光ファイバペアを実装でき、無中継光海底ケーブルシステムには、光ファイバ実装数が100心の光海底ケーブルを適用したのものがある。

中継光海底ケーブルシステム及び無中継光海底ケーブルシステムでは、水深8,000[m]程度まで光海底ケーブルを敷設することがあるため、光海底ケーブルの最大適用水深はいずれも8,000[m]である。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブル敷設技術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。(2点×4=8点)

光海底ケーブルの敷設工事では、海底の地形に応じてケーブル繰出し速度 V_c と船速 V_s を調整することにより □(ア) がないように光海底ケーブルを敷設し、光海底ケーブルの長期信頼性を確保することが重要である。

一定水深の海底に光海底ケーブルを直線に敷設する場合、敷設船の移動距離と敷設されたケーブル長は等しいため、 V_c と V_s は等しくなる。水深に変化のある場合、 V_c は V_s に応じて、次式を満足するようにケーブルエンジン装置によって制御される。

$$V_c = \square(イ)$$

ここで、□は □(ウ) といわれ、海底の起伏に応じて繰り出されるケーブル長と水平距離との差分の水平距離に対する割合を表している。

海底面は、地上面と同様に上り、下り又はそれらの複合した斜面があり、各々の斜面に応じて最も適切な長さの光海底ケーブルを敷設できるよう制御する必要があり、例えば、上り傾斜の海底面に光海底ケーブルを敷設する場合、□は、 □(エ) の値が採られる。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
ゼロ	モジュラス	$\frac{V_s}{1 + \dots}$	マイナス
ピッチ	プラス	サスペンション	動水力学定数
スラック	V_s	ストリーミング	$\frac{V_s}{1 + \dots}$
ヤング率	$V_s(1 + \dots)$	マイクロバンド	
プラスとマイナス交互			

(2) 次の文章は、光海底ケーブル工事の工法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〉

ケーブル船から光海底ケーブルを海岸の陸揚局又はビーチマンホールに引き込む陸揚工事では、陸揚海岸の底質、地形、既設ケーブルの有無、埋設方法、陸揚距離などの状況を考慮して、最適な工法が採用される。

陸揚工法の一つであるケーブル船けん引法は、ケーブル船が海岸から十数(km)以内に接近可能な場合に適用され、船固めの後、船尾又は船首よりロープを作業船で引き出し、海岸の大滑車と船の間に橋渡しをしてから、ケーブル船側でロープを巻き込み、光海底ケーブルを陸揚げする方法である。

陸揚工法の一つである直接けん引法は、遠浅海岸で陸揚距離が長い場合に適用され、ケーブル船の船尾又は船首よりロープを作業船で引き出し、陸揚海岸のブルドーザなどでロープを引張り、直接、作業船で光海底ケーブルを陸揚げする方法である。

ケーブル船から直接、光海底ケーブルを陸揚げできない場合、陸揚部分の光海底ケーブルを小型の作業船で先行敷設し、ブイオフする。次に、先行敷設された光海底ケーブルとケーブル船が主敷設する光海底ケーブルを接続した後、主敷設を行う方法がある。

() 光海底ケーブルの埋設工法について述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

A 埋設工法は、一般に、敷設同時埋設工法と後埋設工法に大別できる。敷設同時埋設工法は、光海底ケーブルを敷設しながら同時に埋設していく方法で、砂、泥などの比較的軟らかい底質の場合、最も効率的で長距離敷設に適しているギフォードグラブネルが用いられる。

B 敷設同時埋設工法では底質にもよるが、一般に、0.5~1.0ノット程度の速度で埋設機を曳航する。この場合、光海底ケーブルの敷設速度制御は、一般に、リニアケーブルエンジンの張力制御により行われる。

C 後埋設工法は、光海底ケーブルの敷設後にダイバーやROVにより光海底ケーブルを埋設する方法である。光海底ケーブルの埋設には、海底の底質に応じてサクション、ロックカタなどが用いられる。

〈(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	

- () ^{すき} 鋤式埋設機の機能と特徴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〉

鋤式埋設機は、埋設距離が数百〔km〕以上になると、鋤の掘削刃の先端部分が摩耗するため、いったん回収して掘削刃を交換する場合がある。その場合、部分的に光海底ケーブルの露出部分が発生するが、一般に、限定的であるため露出部分はそのままにしておく。

ロックティースを装備した鋤式埋設機において、ロックティースは、鋤式埋設機の前側に取り付けられており、海底が岩の場合、岩に貫入して岩を破砕する機能を有している。

ウォータージェットシステムを装備した鋤式埋設機は、埋設ブレードの前部の岩盤を高圧ウォータージェットで破砕することができ、岩盤などの底質域での埋設作業をより効率的に行うことが可能である。

鋤式埋設機は、ケーブル船により曳航して敷設したケーブルを埋設する場合に用いられ、現在、導入されている鋤式埋設機の最大適用水深は200〔m〕で、最大埋設深度は1〔m〕である。

- () ROVの機能と特徴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〉

ROVは、一般に、ウォータージェットを装備しており、ループになった光海底ケーブルや露出した光海底中継器などを埋設するために穴を掘ることが可能であり、ウォータージェットによる最大埋設深度は、粘土層の底質で30〔cm〕である。

ROVシステムに用いられるアンビリカルケーブルは、ビークルに制御信号を送信する専用ケーブルで、操作のためのビークルの本体の状況などを示す信号をコントロールパンに送信する。また、ビークルへの電力は電力専用ケーブルで供給されている。

ROVは、一般に、高い遊泳性能を持つためのスラスタを装備しており、また、ケーブル修理作業用として光海底ケーブルを把持、切断する機能を有するマニピュレータを装備している。

ROVは、一般に、電気で駆動するケーブルグリッパを装備しており、ケーブルグリッパには光海底ケーブルを切断する機能を有する把持歯(ジョー)が付いている。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの信頼性設計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)

光海底ケーブルシステムの回線信頼度を表す指標としては、機器の故障などによる年間の回線断時間(Outage Time)又は□(ア)が用いられ、これらの要求値に応じて最適な冗長構成の設計が行われる。

光海底ケーブルシステムの冗長構成のうち、□(イ)を用いた冗長構成は、トランスポンダ、波長多重部、光海底中継器のいずれかが故障した場合にサービス回線を□(イ)に載せ替える方式である。

光伝送端局装置の一部として用いられるプロテクション装置は、故障発生時に現用系から予備系へ切り替える機能を有しており、ケーブル切断や光海底中継器故障などの伝送路故障時において別の経路(パス)に切り替えるネットワークプロテクション、また、トランスポンダ故障などの装置故障時において予備装置に切り替える装置プロテクションを実施し、サービスを回復する。

装置プロテクションでは、トランスポンダの冗長構成が□(ア)の改善に有効である。送信側と受信側をともに現用系の装置と予備系の装置で構成し、常に両方の装置で送受信し、現用系の装置に故障が発生した場合、予備系の装置を選択する方法は、一般に、□(ウ)といわれる。

故障率がkのトランスポンダは、□(ウ)により、故障率が□(エ)に改善されるが、装置数が2倍となる。このため、複数のトランスポンダに1台の予備のトランスポンダを設ける冗長構成が採られる場合がある。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

稼働率	BER	多数決冗長	予備受光器
$(1 - k)^2$	Q値	光SN比	予備OADM
k^2	予備波長	2k	$\frac{k}{2}$
予備光ファイバペア		1 + 1プロテクション	
コールドスタンバイ		1 : Nプロテクション	

(2) 次の文章は、光海底ケーブルの中継システム及び無中継システム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)

() 光海底中継器にEDFAを用いた中継システムの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、 (オ) である。

〈(オ)の解答群〉

中継システムでは、光海底ケーブルの製造偏差などに起因する光ファイバ損失のばらつきにより各光海底中継器の入力レベルが変動しても、EDFAの利得飽和特性により各光海底中継器の出力レベルは、おおむね一定の出力レベルに保たれている。

中継システムにおいて、伝送路の光ファイバ損失とEDFAの利得が等しい場合、あるEDFAで発生した雑音は、光ファイバ中では損失によって減衰するが、次段のEDFAで増幅されて損失分がほぼ補償されるため、発生時とほぼ同じパワーレベルに復元される。

EDFAが利得飽和領域で動作しているときに発生するASE雑音は、信号光と同一方向の偏波と直交する偏波とで異なり、同一方向の偏波のASE雑音は直交する偏波のASE雑音と比較して大きくなり、この現象は偏波ホールバーニングといわれる。

EDFAの利得波長依存性は、光海底中継区間の光ファイバ損失の増減によって変化し、光海底中継区間の光ファイバ損失が増大すると、長波長側の利得は減少する。また、EDFAの環境温度が低下すると、長波長側の利得は増大する。

() 無中継システムの特徴について述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (カ) である。

〈(カ)の解答群〉

無中継システムの伝送距離を延伸するには、大きな信号光パワーを伝送路の光ファイバに効率的に入力することが有効であるが、光ファイバへの入力信号光パワーは、誘導ブリルアン散乱(SBS)により制限される。SBSの発生しきい値は、光ファイバの実効断面積に依存し、光信号のスペクトル線幅には依存しない。

無中継システムに使用される光ファイバには、低損失性が要求されるため、コアにゲルマニウムを添加した一般的なシングルモード光ファイバのほかに、コアは純石英で、クラッドにフッ素を添加したシングルモード光ファイバが使用される場合がある。

海中に設置され、陸上の光伝送端局装置の励起光源により動作する遠隔励起光増幅器は、送信端近傍では、信号光パワーが大きく、使用可能な励起光パワーでは十分な利得が得られないため、一般に、受信端近傍に配置される。

無中継システムでは、誘導ラマン散乱を利用したラマン増幅器が用いられる場合がある。無中継システムにおけるラマン増幅器は、信号光パワーが大きくても十分な利得が得られるため、送信端近傍で用いられる場合がある。

() 光海底ケーブルネットワークのトポロジなどについて述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 光海底ケーブルネットワークのトポロジには、一般に、ポイント - ポイント、トランク - ブランチ及びリングがあり、ポイント - ポイントのネットワークは、2地点を1本の光海底ケーブルで結ぶ単純な構成である。
- B 光海底分岐装置を用いることにより、3地点間以上を結ぶトランク - ブランチのネットワークを構成することが可能となり、光ADMタイプの光海底分岐装置の場合、対象光ファイバの波長単位で分岐局に接続することが可能である。
- C リングのネットワークは、一般に、物理的には3局以上の陸揚局がリング状にポイント - ポイントで接続されている。各局にSDH装置を設置することにより、APS (Automatic Protection Switching) プロトコルを用いたSDHリングプロテクションネットワークを構成することが可能である。

〈(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 | |

() WDM方式を用いた長距離光増幅海底ケーブルシステム(WDMシステム)に用いられる分散マップ技術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〉

WDMシステムでは、非線形光学効果の一つである四光波混合の発生を抑制するため、一般に、信号波長帯域では分散スロープがゼロとなる光ファイバが用いられる。

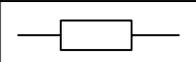
伝送路内における光ファイバの累積波長分散量を制御する分散マップ技術は、WDMシステムに有効であり、累積波長分散による波形劣化の低減とともに、光ファイバの非線形性と波長分散との相互作用で生ずる波形劣化の低減にも有効である。

負の符号の波長分散を持つ大口径光ファイバは分散スロープが大きいため、WDMシステムでは、分散スロープ低減光ファイバと組み合わせて1中継区間を構成する場合がある。この場合、数中継区間ごとの周期的な分散補償は不要となる。

WDMシステムに用いられる分散マネジメント光ファイバは、波長分散が正の符号を持つ光ファイバと負の符号を持つ光ファイバで構成される。この2種類の光ファイバは分散スロープの符号が同じであるため、組み合わせても分散スロープの絶対値をゼロに抑えることはできない。

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、すべて架空のもです。
- (3) 試験問題、図中の抵抗器及びトランジスタの表記は、旧図記号を用いています。

新図記号	旧図記号	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) ・筐体(きょうたい) ・輻輳(ふくそう) ・燃り(より) ・漏洩(ろうえい) など
- (6) バイト(Byte)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(bit)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も用いています。
- (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ありません。