

注 意 事 項

- 試験開始時刻 14時20分
- 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

- 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
			第1問	第2問	第3問	第4問	第5問	
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27
		水底線路	8	8	8	8	8	線28～線42
	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43～線46

- 受験番号等の記入とマークの仕方

- 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。
- 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。
- 生年月日の欄は、年号をマークし、生年月日に1けたの数字がある場合、十の位のけたの「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	0	0	0	0	0	0
①	●	B	B	1	1	●	1	1	1
2	●	C	2	2	2	●	2	2	2
3	○	D	3	3	3	3	3	3	3
4	○	E	4	●	4	4	4	4	●
5	○	●	5	5	5	5	5	5	5
6	○	G	6	6	6	6	6	6	6
7	○	H	7	7	7	7	7	7	7
8	○	8	8	8	8	8	8	8	8
9	○	●	9	9	9	9	9	9	9

生 年 月 日									
年 号	5	0	0	3	0	1	年	月	日
平成	○	●	○	○	○	○	○	○	○
昭和	○	○	○	○	○	○	○	○	○
大正	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

- 答案作成上の注意

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

- 合格点及び問題に対する配点

- 各科目の満点は100点で、合格点は60点以上です。
- 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、メタリック伝送路における減衰量、無ひずみ伝送など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)

減衰量は、二次定数の一つである減衰定数の大小によって決定される。往復導体の単位長当たりの抵抗とインダクタンスをそれぞれRとL、往復導体間の単位長当たりの漏れコンダクタンスと静電容量をそれぞれGとCとすると、R、L、G、Cは線路の一次定数といわれ、減衰定数は、これら一次定数から導かれる。

一般に、高周波(30[kHz]程度以上)の場合、減衰定数の近似式は、次式のように表すことができる。

$$\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\text{(ア)}}$$

この近似式において、減衰定数を最小にするためには (イ) としなければならないが、これは、全く減衰しないということであり実現することは不可能である。RC=GLの関係にある場合、減衰定数に極小値が存在するが、実際の伝送路では、RC=GLの減衰量最小条件を満足することは困難であり、一般に、一次定数の関係は、

$$\sqrt{\text{(ア)}} \sqrt{\frac{R}{G}} \text{ となる。}$$

また、無ひずみ伝送の成立する条件は、減衰量最小条件でもあり、 (ウ) が一定であること、減衰定数が一定であること及び位相定数が (エ) に比例することである。

<(ア)~(エ)の解答群>

$\frac{L}{C}$	$\frac{L}{R}$	$\frac{R}{C}$	LC
R = G = 0	R = C = 0	L = G = 0	静電容量
コンダクタンス	伝搬定数	位置角	周波数
インダクタンス	群伝搬時間	特性インピーダンス	

(2) 次の文章は、メタリック伝送線路の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)

() 高周波領域における電氣的諸特性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〉

導体系では、周波数が高くなるに従って抵抗及び内部インダクタンスに変化が生ずる。これは、導体内部において、周波数が高くなるにつれて各部の電流が互いに作用を及ぼしあうことで電流分布が変化した結果であり、一般に、電氣的特性として抵抗は増加し、内部インダクタンスは緩やかに減少する。

近接して平行に並んでいる2本の導体に電流が流れたとき、それぞれの電流が同一方向であると電流が外側に押しやられ、反対方向であると内側に引き合うことで2本の導体の電流密度が変化する現象が生ずる。この現象は高周波において顕著となり、一般に、近接効果といわれる。

漏れコンダクタンスは、心線間の絶縁物を通して流れる電流の割合を示し、漏れコンダクタンスが小さいほど漏洩する電流が大きい、一般的な平衡対ケーブルでは、周波数が高くなると急激に小さくなる。

高周波では導体系の抵抗だけでなく、周囲の金属体中に誘起する渦電流によって電力損失を生ずることがあり、主なものにカッド損などがある。

() 伝送系のひずみの種類、特徴などについて述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

A 減衰ひずみは、伝送系の減衰量が周波数によって異なるために生ずるひずみであり、音声回線においては、その安定度を低下させるものである。

B 位相ひずみは、伝送系の位相量が周波数に対して比例関係にあるために生ずるひずみであり、群伝搬時間が周波数により異なるために生ずることから、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。

C 非直線ひずみは、伝送系の入力と出力と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。搬送多重回線においては、非直線ひずみによる高調波及び混変調波の発生により、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。

〈(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	

- () 伝送系における雑音の種類、特徴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>

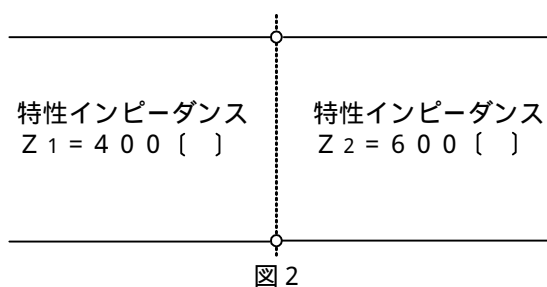
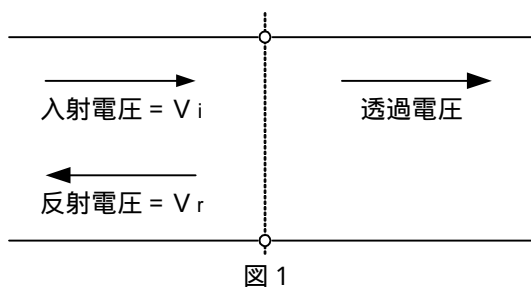
熱雑音などの基本雑音は、信号レベルに比例して発生する雑音であり、信号レベルの高いところで問題となる。

準漏話雑音は、位相ひずみを有する部分において高調波のほかに和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が逐次累積されることにより発生する了解性漏話の一つである。

多重漏話雑音は、平衡ケーブルと比較して、同軸ケーブルにおいて大きな影響を及ぼし、誘導回線が多数ある場合には同時に漏れてくる多重漏話は互いに干渉して了解性の雑音となる。

漏話以外の雑音としては、紙絶縁ケーブルにおける手ひねり心線接続部が一時的に接触不良となった場合に発生するバースト状の雑音がある。

- () 図1及び図2は、二つの一様線路及びを接続した場合を表したものである。図1の電圧反射係数をa、図2の電圧反射係数をbとしたとき、a及びbの組み合わせで正しいものは、**(ク)** である。



<(ク)の解答群>

$$a = \frac{V_i}{V_r} \quad b = 0.2$$

$$a = \frac{V_i}{V_r} \quad b = 0.8$$

$$a = \frac{V_r}{V_i} \quad b = 0.2$$

$$a = \frac{V_r}{V_i} \quad b = 0.8$$

(1) 次の文章は、SI型の屈折率分布を持つ光ファイバの伝搬モード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)

コアとクラッドの境界面で全反射しながら伝搬する光は、その電界がコア内に閉じ込められている必要がある。すなわち、コアとクラッドの境界面においては、入射光と反射光との干渉により電界強度がゼロになる必要があり、この条件を満たすためには、コアの径方向に特定の電界強度分布を持った (ア) が存在しなければならず、また、伝搬可能な光の反射角度は特定の離散的な反射角度に限られる。

この特定の電界強度分布は、コアの (イ) 方向には変化せず一定となり、このような特定の反射角度を持ち、コア内に閉じ込められた特定な電界分布を持つ光の伝搬の仕方は、光の伝搬モードといわれる。

ただし、実際の光ファイバではコアとクラッドの境界面において電界成分はゼロにはならず、境界面からクラッド内に向けて (ウ) 小さくなっていく。

ここで光ファイバのコア径を d 、伝搬する光の波長を λ 、光がコアとクラッド間の境界面となす角度を θ 、伝搬モード数を N とすると、 $d \sin \theta = N \frac{\lambda}{2}$ が成り立ち、 $N = 1$ のときの伝搬モードは基本モード、 $N = 2$ 以上のときの伝搬モードは高次モードといわれる。最高次の伝搬モードは、コアとクラッドとの境界面に対する光の入射角が (エ) に近づいたときの反射角度に対応するものである。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

外周	軸の垂直	軸	伝搬光に直角
定在波	放射モード	臨界角	法線
反射波	指数関数的に	ブリュースター角	偏光角
透過波	コア中心からの距離に反比例して		
直線的に	境界面からの距離に反比例して		

(2) 次の文章は、光ファイバ伝送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)

() 光ファイバの損失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〉

石英ガラスの吸収損失には、紫外吸収、赤外吸収などがある。紫外吸収はSiO₂の電子のバンド間遷移による吸収であり、赤外吸収はSiO₂などの分子の振動による吸収である。

光ファイバの製造時の高温状態時には密度の揺らぎ、すなわち屈折率の揺らぎが生ずるが、これが光ファイバに残留し、フレネル反射が起こる原因となる。フレネル反射は波長の4乗に反比例するため光の波長が長くなるほど小さくなる。

石英ガラス系のガラス内の不純物である水酸イオンによって生ずる光の損失は、波長0.94[μm]、1.24[μm]、1.38[μm]などにピークがある。

マイクロベンディングロスとは、光ファイバに側面から不均一な圧力が加わって、光ファイバの軸がわずかに(数μm程度)曲がるために発生する損失をいう。また、光ファイバを曲げたときに生ずる損失は、曲げ損失又はマイクロベンディングロスといわれる。

() 光ファイバ伝送における非線形現象などについて述べた次のA~Cの文章は、□(カ)。

- A 高強度の短光パルスが光ファイバに入射されると、光の電界で光ファイバ物質中の電子の軌道が変化することによって屈折率が変化する現象は、ラマン効果といわれる。
- B 光パルス自身が誘起した屈折率変化により、その位相が急激に変化する現象は自己位相変調といわれ、光パルスは周波数変化(チャーピング)を伴う。
- C 二つの異なる波長の光信号を光ファイバに入射したとき、一方の光信号の強度変化によって生ずる屈折率変化により他方の光信号の位相変化が生ずる現象は、相互位相変調といわれる。

〈(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 | |

- () 光ファイバの分散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>

材料分散は、光ファイバ材料の屈折率が波長に依存する特性を持っていることに起因する分散である。材料分散の単位としては、一般に、[ps/nm/km]が用いられ、例えば、10 [ps/nm/km]とは、スペクトル幅1 [nm]の光が10 [km]伝搬したとき、パルス幅が10 [ps]広がることを意味する。

シングルモード光ファイバにおいて、光ファイバの構造に起因する分散を構造分散という。一般に、伝搬する光はコアだけでなくクラッドにまで光が染み出しているため、光の伝搬速度はコアのみを伝搬する速度とは異なり、伝搬する光の伝搬速度は電磁界分布の違いによって変化する。

シングルモード光ファイバにおいては、その軸対称性のため直交する2方向に偏波した二つのモードが存在する。光ファイバのコアが理想的な真円でない、又は材料が均質でないことにより、これら二つのモード間に群遅延差を生ずるが、これを導波路分散という。

分散は、大きい順にモード分散、構造分散、材料分散である。マルチモード光ファイバにおいてはモード分散と構造分散が、シングルモード光ファイバにおいては構造分散と材料分散が、分散の大きさを決定する主な要因である。

- () 光ファイバの構造パラメータ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>

光ファイバの構造を決定するパラメータは、マルチモード光ファイバの場合は、モードフィールド直径、外径、開口数(NA)及び屈折率分布であり、シングルモード光ファイバの場合は、コア径、モードフィールド偏心率、外径及び遮断波長である。

モードフィールド直径とは、光ファイバの径方向の光強度分布がポアソン分布で近似できるとき、光強度が最大値に対して $\frac{1}{e^2}$ (eは自然対数の底)となるところの直径をいう。

モードフィールド偏心率は、モードフィールド中心とクラッド中心との距離をいい、モードフィールドの中心とコアの中心は実質的には同じ場所になるので、モードフィールド偏心率は、コア径とクラッド径の差として測定される。

カットオフ波長とは、高次のモードを遮断する波長であり、例えば1.3 [μm]で使用するシングルモード光ファイバにおいてはカットオフ波長は1.3 [μm]よりも短くなければならない。カットオフ波長より長い波長領域ではシングルモードとなることが保証されるが、逆に短い波長領域ではマルチモードになってしまう。

- (1) 次の文章は、光ファイバの非線形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)

光ファイバを伝搬する光のエネルギー密度が高くなると、光ファイバの材料であるガラスの□(ア)が変化することによる非線形光学効果といわれる現象が生ずる。

WDM方式を用いた光海底ケーブルシステムにおいては、波長がわずかに異なる多数の信号光が同時に1本の光ファイバ内を伝搬することから、アイドラ光といわれるノイズ光を生ずる□(イ)などの信号光間の非線形相互作用が顕著となり、伝送品質の劣化要因となる。

非線形現象の大きさを表すパラメータとして非線形定数があり、一般に、以下の式で表される。

$$\text{非線形定数} = \frac{\text{コアの非線形} \square(ア)}{\square(ウ)}$$

コアの非線形□(ア)は、ガラス組成に依存する物性定数で、一般的な光ファイバの設計範囲ではそれほど大きく変わらない。一方、□(ウ)は、光ファイバ内を伝搬する光パワーの光ファイバ断面内での広がり具合を表すパラメータで、これを大きくすれば、同じ光パワーでも光ファイバ内のエネルギー密度は低下するため非線形定数を小さくすることができる。

しかしながら、□(ウ)を大きくすることは、一般に、光パワーのコアへの閉じ込めが弱くなるため□(エ)が大きくなるとともに伝送特性の劣化が生ずるおそれがあることを考慮する必要がある。

〈(ア)～(エ)の解答群〉			
誘電率	吸収損失	分極率	波長チャープング
屈折率	フレネル反射	弾性率	実効コア断面積
開口数	レイリー散乱	コア非円率	カットオフ波長
曲げ損失	自己位相変調	四光波混合	誘導ラマン散乱

- (2) 次の文章は、光海底ケーブル、光海底中継器の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)

- () E D F A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〉

複数の励起LDからの励起光は、一般に、光カプラなどにより合波され、E D Fに導入される。励起光によりE D Fは、波長1.55 μm帯での光増幅が可能な状態となり、信号光を増幅する。励起光としては、波長0.98 (μm)又は1.48 (μm)が使用される。

増幅された光が反射を繰り返して発振することを防ぐため、E D Fの出力側には、一般に、逆行する光を抑制するために光アイソレータが接続され、さらに、光増幅に伴い発生したA S E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。

E D F Aを用いた多段中継の光海底ケーブルシステムにおいて、光海底中継器内には、一般に、波長分散を補償するために、分散補償光ファイバが具備されている。

光海底ケーブルシステムの仕様により監視項目は異なるが、一般に、光海底中継器内の励起LDのバイアス電流、光海底中継器の入出力光レベルなどを、陸揚局から監視できるように、光海底中継器には監視回路が具備されている。

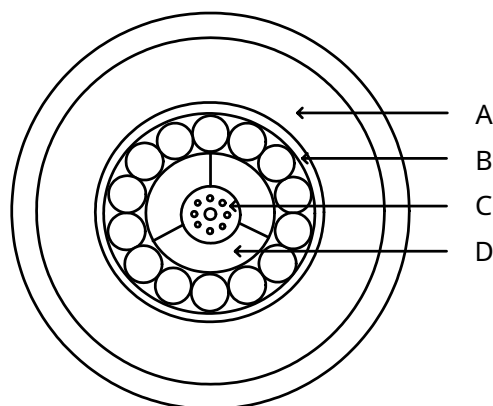
- () W D Mシステムにおける波長分散について述べた次のA ~ Cの文章は、 (カ) 。

- A 長距離の高速光伝送方式では、信号ひずみを抑えるために、一般に、信号光の波長分散を小さくする必要がある。しかしながら、W D M伝送においては、波長分散が小さいほど光信号どうしの偏光作用が起こりやすいために、偏波モード分散が生ずるおそれがある。
- B W D Mシステムにおいて、波長多重数を増加するために使用波長帯域を拡大しようとする場合、信号波長帯域において光ファイバの分散傾斜が小さいことが重要である。そこで、特に、使用波長帯域で分散傾斜を零に近づけるように設計された光ファイバは、分散フラット光ファイバといわれる。
- C 伝送路に負の波長分散値を持つ非零分散シフト光ファイバを用いたW D Mシステムにおける分散補償用の光ファイバとしては、極力、短い長さで分散補償できるように、波長1.55 μm帯で大きな正の分散値を持つシングルモード光ファイバなどが使用される。

〈(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 | |

() 図は光海底ケーブルの断面構造の一例を示す。図について述べた次の文章のうち、正しいものは、 (キ) である。



光海底ケーブル断面図

<(キ)の解答群>

図中のAで示される部分は、ポリエチレンを用いた絶縁層であり、太平洋横断システムのような高電圧給電を要するシステムにおいては、10 (mm)以上の絶縁層の厚さが必要である。

図中のBで示される部分は、金属層であり、給電路を形成するため電気抵抗を抑える必要があることから銅が使用され、電気抵抗は、ケーブル1 (km)当たり0.7 ~ 1.0 ()程度である。

図中のCで示される部分は、光ファイバユニットであり、同軸海底ケーブルシステムから光海底ケーブルシステムに移行した当初は、ルースタイプの光ファイバユニットが使用されたが、その後改良されて、紫外線硬化樹脂を充実したタイトタイプの光ファイバユニットが導入されている。

図中のDで示される部分は、鉄3分割パイプであり、主に、ケーブルの耐圧及び耐張力を担っている。鉄3分割パイプ構造は、製造工程において、光ファイバに熱応力の影響を及ぼすおそれがあり、50 (km)を超える長尺ケーブルを製造する場合は、一般に、2分割構造が適用されている。

() 光ファイバの伝送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、である。

<(ク)の解答群>

シングルモード光ファイバは、屈折率分布を調整することにより構造分散を制御することが可能であり、屈折率分布の種類には二重コア型、セグメントコア型などがある。

シングルモード光ファイバの波長分散には、ガラス材料特有の材料分散とコアとクラッドの屈折率分布で決まる構造分散があり、材料分散と構造分散の和がシングルモード光ファイバの波長分散となる。

光ファイバの光伝送損失は、材料となるガラスから金属イオンや水酸イオンなどの不純物を取り除くことによってガラス材料特有の紫外吸収損失と赤外吸収損失を低減することで低損失化が実現されている。

光源のスペクトル幅が広い場合や変調時のチャープングが大きい場合には、光ファイバ内を伝搬する光パルス信号は、波長分散の影響により波形ひずみを生じ、伝送特性が劣化するおそれがある。

問4 次の問いに答えよ。

(小計20点)

(1) 次の文章は、ケーブル敷設船の特徴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)

一般の船舶が航海に重点を置いて設計されているのに対し、ケーブル敷設船は、複雑なケーブル工事を考慮して設計されている。

ケーブル敷設船の推進方式としては、船上でのケーブル接続作業などへの支障にならないように振動の少ない電気推進方式や前進全速から後進全速までの全範囲で任意の船速を無段階で得ることができるを用いた方式などが用いられている。

また、作業性を考慮して、ケーブル陸揚地での船固めや船上での接続のための自動定点保持を長時間行うためにを搭載するケーブル敷設船が導入されている。

さらに、ケーブル敷設船は、埋設機、ROVなどを吊り下げるための、大量の海底ケーブルを格納する複数のケーブルタンク、中継器を恒温で格納することができる中継器格納場所を有しており、ケーブル敷設・巻揚げのためのドラム式ケーブルエンジンやに適したリニア式ケーブルエンジンなどが装備されている。

<(ア)~(エ)の解答群>

X B T	ケーブル保持	高速巻揚げ	可変ピッチプロペラ
探 線	トートワイヤ	パウシーブ	固定ピッチプロペラ
G P S	スタピライザ	高速敷設	サイドスラスト
D P S	バウスラスト	Aフレーム	スターンシュータ

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの埋設工事、付帯設備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)

- () 光海底ケーブルの埋設工事方法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>
 鋤^{すき}式埋設工法は、外洋における長距離光海底ケーブルの敷設及び埋設が可能である。鋤式埋設機には、3[m]のケーブル埋設深度を確保するものが導入されており、適用水深も1,000[m]を超える深さまで可能なものがある。
 ウォータジェット埋設工法は、掘削部に配置したジェットノズルから加圧水を噴射し、溝を掘るため、掘削部を長くしてジェットノズルを追加することにより、掘削深度を5[m]以上にすることも可能である。
 ROV埋設工法は、最終接続点などの光海底ケーブル屈曲点の後埋設に使用し、加圧水をノズルから噴射し、光海底ケーブル、光海底中継器、ジョイントボックスなどを埋設することが可能である。
 光海底ケーブルの埋設工事は、ケーブル敷設との関係から、ケーブル敷設後埋設工事とケーブル敷設同時埋設工事に大別できる。鋤式埋設工法は、ケーブル敷設後埋設工事に適しており、ケーブル敷設同時埋設工事には不適である。

- () ROVの機能と作業内容について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A ROVによる埋設ケーブルの故障修理作業では、一般に、磁気センサ、水中カメラなどにより埋設ケーブルの故障位置を確認し、ROVに装備されたウォータジェット装置などにより埋設ケーブルの掘出しが行われる。
 B ROVによる埋設ケーブルの故障修理作業における捕線方法としては、ROVのマニピュレータ先端に取り付けたケーブルカッターでケーブルを切断し、いずれか一方のケーブルをROVのケーブルグリッパで把持する方法がある。
 C ROVは、一般に、数十[kN]の空中重量があるが、海中では機動性を持たせる必要があるため、水中重量をゼロに近づけるように設計されている。

<(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	

- () 管路及びトレンチの設備工事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〉

陸揚地点から陸揚局までの間に道路などがある場合は、管路を設置しケーブルを収容する。管路は、一般に、陸上線路設備用のものと同様の75mm管を使用する。

波浪の影響を受ける海中部では水中トレンチによりケーブルを防護することが望ましい。トレンチの深さはケーブルが隠れる程度の深さであればよい。

自然保護の観点から珊瑚礁・岩礁などを掘削してトレンチを作成することが困難な場合、弧状推進(HDD)工法により管路を直接海底に通す方法がある。

海岸から陸揚局までのケーブルを管路及びトレンチを用いて埋設することにより、交通車両などの外力からケーブルを保護することができるが、地上の温度変化によるケーブルへの影響を抑える効果はない。

- () 陸標、ケーブル防護管の使用方法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〉

電気通信事業法に基づく保護区域が設定された場合は、総務省令で定められた、^{ひし}菱形の陸標を設置しなければならない。

ケーブル防護管には、^{ちゅう}鋳鉄などの金属製のもののほか、摩耗に強いポリウレタンなどの合成樹脂製のものが使用されている。また、ケーブルに鋳鉄製のケーブル防護管を取り付けても波浪により移動することがあるため、ケーブル防護管をステンレスのバンドなどで海底に固定する方法も採られている。

光海底ケーブルシステムの給電アースは、一般に、陸揚局の局舎アースと併用するため、アース電極を複数設置して接地抵抗を安定化させている。

ケーブル防護管は、鋳鉄製の半割り構造で、ケーブルに連続的にかぶせてボルトで締め付けるため、ケーブルの曲がり部分には使用できない。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの構造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。(2点×4=8点)

光海底ケーブルの構造設計では、光海底ケーブルの使用目的、使用環境及び敷設修理方法を的確に把握し、要求仕様に反映させる必要がある。すなわち、光海底ケーブルは、一般に、敷設及び修理の際の回収に伴う、曲げ、摩擦などの外力に耐え、8,000[m]もの深海底の環境下において、少なくとも□(ア)年程度の長期間安定した所要特性を維持することができる設計寿命が要求される。したがって、光海底ケーブルには、光ファイバを水圧、張力などの種々の外力から保護する機能が必要とされる。

光海底ケーブルの耐張力特性としては、無外装光海底ケーブルの場合、一般に、破断強度は、98[kN]以上であり、ケーブルの□(イ)で規格化したモジュラスは20[km]以上である。これは、例えば、水深5,000[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いる。

また、光海底ケーブルは、光海底中継器及び光海底分岐装置への□(エ)としても機能する必要があり、大洋横断のシステムを考慮すると、最大方式長は約12,000[km]にも及ぶことから、電圧降下を低く抑えること及び海水との間に十分な絶縁を有することが要求される。

2	25	空中重量	アース線
3	35	電熱線	水中重量
4	45	引っ張り強度	等電位線
5	50	給電線	応力集中係数

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに適用されている伝送方式の要素技術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)

- () WDM方式で用いられている要素技術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。

<p>WDM方式の光海底ケーブルシステムに用いる光海底分岐装置には、光バンドパスフィルタの組合せにより、特定の周波数の光をアッド・ドロップする機能を有するものがある。</p> <p>189.7~193.1[THz]の周波数帯域でのWDM方式において、光信号の周波数間隔を100[GHz]とすると、最大35波をWDM伝送することが可能である。</p> <p>光ファイバ内での非線形現象としては、誘導ラマン散乱、誘導ブリルアン散乱、レイリー散乱、自己位相変調などがある。</p> <p>石英系光ファイバでは、1.55μm帯において最も低損失となり、不純物の除去、構造の均一化などの改善により、0.2[dB/km]以下の低損失化が実現されている。</p>
--

() 再生中継器及び光増幅中継器について述べた次の A ~ C の文章は、 (カ) 。

- A 再生中継器は 3 R 機能(Retiming、Reshaping、Regenerating)を有しており、光増幅中継器は 2 R 機能(Reshaping、Regenerating)を有している。
- B 光増幅中継器の増幅機能は、原理的に伝送速度及び伝送符号形式の制約がないことから、光増幅中継器を用いた光伝送システムでは、光伝送端局装置を変更することにより、伝送容量を拡大する方法がある。
- C 光増幅中継器は、半導体レーザー(LD)を内蔵しないことから、LD動作の監視回路を必要としないため、光増幅中継器回路の簡素化が図れる。

〈(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伝送端局装置に用いられる発光素子及び受光素子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〉

活性層の近くの波状の回折格子によるブラッグ反射を利用したファブリペロー形 LD は、波長選択性を有しており、変調時においてもシングルモードの発振特性を容易に得ることができる。

10 [Gbit/s] の高速伝送が可能な長距離光海底ケーブルシステムは、一般に、伝送路には零分散波長を 1.55 μm 帯にシフトした分散シフト光ファイバを、光源には活性層に沿って回折格子を形成する量子井戸 LD をそれぞれ用いた組合せで構成されている。

発光素子の設計パラメータには、発光波長、スペクトル幅、光出力パワーなどがある。一方、受光素子の設計パラメータには、使用波長における受光感度、周波数応答速度などがある。

Ge 受光素子は、雑音が多いことと光ファイバの損失が最低となる 1.55 μm 帯の波長帯で急激に量子効率が低下するという問題がある。このため、1.55 μm 帯の波長帯では、Ge 受光素子より受光感度が高い Si 受光素子が用いられる。

- () 光増幅中継器を用いた光海底ケーブルシステムの設計手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>

光増幅中継器を用いた光海底ケーブルシステムでは、受信特性を決定する項目は受信パワーではなくSN比である。光伝送路の設計においては、特に、ノイズの主要因となる受信器の熱雑音がガウス近似できることから、伝送特性を評価するためにSN比と伝送性能が直接関係づけられる雑音指数が使用される。

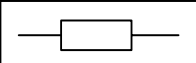

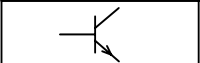
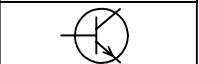
SN比を大きくする方法としては、信号光電力(光増幅中継器出力電力)を大きくすること、光増幅中継器の利得を高くすること、光増幅中継器数を少なくすることなどがある。

光増幅中継器を用いた光海底ケーブルシステムでは、信号光と自然放出光間のビート雑音は、光増幅中継器数の2乗に比例して増加し、自然放出光と自然放出光間のビート雑音は、光増幅中継器数に比例して増加する。

光増幅中継器を用いた光海底ケーブルシステムでは、各種の劣化要因が複雑な相互作用を示すため、各要因ごとに切り分けて評価することは困難である。したがって、一般に、コンピュータシミュレーション結果と周回伝送系などによる実験的評価を併用し、設計寿命期間での所要伝送特性を満たすようにシステムを設計する。

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) ・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(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。