

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
			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28
		水底線路	8	8	8	8	8	線29~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

- 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
○	●	B	B	1	1	●	1	1	1
○	○	2	●	C	2	2	2	●	2
○	○	3	○	D	3	3	3	3	○
○	○	4	○	E	4	●	4	4	4
○	○	5	○	●	5	5	5	5	5
○	○	6	○	G	6	6	6	6	6
○	○	7	○	H	7	7	7	7	7
○	○	8	○	○	8	8	8	8	8
○	○	9	○	●	9	9	9	9	9

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

- 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 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。

- 7 登録商標などに関する事項

- (1) 試験問題に記載されている会社名又は製品名などは、それぞれ、各社の商標または登録商標です。
- (2) 試験問題では、® 及び™ を明記していません。
- (3) 試験問題の文中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。

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、複合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。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□(ア)定数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。

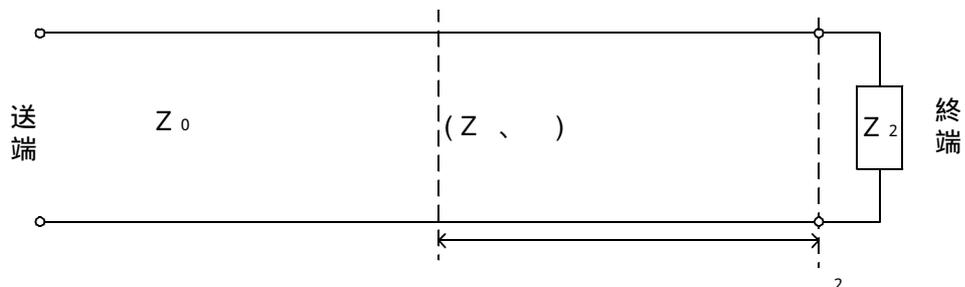
複合線路は、一様線路の考え方を基礎として、位置角の考え方をを用いることにより容易に解析することができる。図において、特性インピーダンス $Z_0$ の線路をインピーダンス $Z_2$ で終端した場合、 $Z_2$ における位置角 $\theta_2$ は、

$\theta_2 = \square(イ)$  で表される。

また、終端点からの距離 $l$ の位置におけるインピーダンスを $Z$ 、□(ア)定数を $\gamma$ とすると、インピーダンス $Z$ は、

$Z = Z_0 \tanh(\square(ウ))$  で表される。

このように、位置角を用いると複合線路の電圧、電流、インピーダンスを計算する際に便利であり、電圧の場合、複合線路の任意の2点における電圧の比は、それぞれの位置角の□(エ)の比で表すことができる。



〈(ア)~(エ)の解答群〉			
プランク	誘導	時	伝搬
$\tanh \frac{Z_0}{Z_2}$	$\tanh^{-1} \frac{Z_2}{Z_0}$	$\tanh^{-1} \frac{Z_0}{Z_2}$	$\tanh(Z_0 Z_2)$
$+ \gamma l$	$- \gamma l$	$\gamma l$	$\frac{1}{\gamma l}$
cosh	cos	sinh	sin

(2) 次の文章は、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)

( ) 一様線路の電氣的諸定数の特性、性質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〉

電磁結合は、回線相互間の相互誘導により発生し、電磁結合による漏話は、誘導回線の特性インピーダンスに比例する。電磁結合の影響は、同一ケーブル内のすべての対に及ぶので、電磁結合の影響を少なくするため、全対を同じピッチ、かつ、相互位置を考慮して撚りなどの対策が行われている。

静電結合は、回線相互間の静電容量の不均衡により発生し、静電結合による漏話は、被誘導回線の特性インピーダンスに比例する。静電結合は、回線相互間に他の導体があるとその遮へい効果により結合量を著しく低下させることができることから、静電結合の影響を少なくするため、遮へいなどの対策が行われている。

一般に、ケーブルの場合、誘導回線及び被誘導回線の特性インピーダンスは等しいので、特性インピーダンスが高くなる低周波では静電結合による漏話の影響を考慮する必要があり、特性インピーダンスが低くなる高周波では電磁結合による漏話の影響も考慮する必要がある。

被誘導回線において、誘導回線の信号伝送方向と逆方向(送端側)に生ずる漏話は近端漏話、誘導回線の信号伝送方向と同一方向(受端側)に生ずる漏話は遠端漏話といわれる。

( ) 漏話の種類と特徴について述べた次のA~Cの文章は、 [ (カ) ] 。

- A 近端漏話は、静電結合漏話と電磁結合漏話の和となる。また、伝送路長に比例し、周波数の2乗に比例して増加する。
- B 遠端漏話は、静電結合漏話と電磁結合漏話の差となる。また、伝送路長に依存せず周波数の2分の3乗に比例して増加する。
- C 漏話減衰量は、誘導回線の送端電力と、被誘導回線の漏話電力の比の対数で表され、漏話電力(漏話量)が大きいほど漏話減衰量は大きく、漏話電力が小さいほど漏話減衰量は小さい。

〈(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 |         |

- ( ) 伝送系のひずみの種類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〉

減衰ひずみは、伝送系の減衰量が距離に対して一定でないため生ずるひずみである。伝送周波数帯域内の減衰ひずみは、中継器に線路の等化機能を付加することにより補償される。

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生ずるひずみであり、周波数によって群伝搬時間が異なることにより生ずることから、遅延ひずみともいわれる。

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、ある通話路から他の通話路への漏話及び雑音の原因となる。

無ひずみ伝送の条件は、伝送に用いる周波数帯域内において、特性インピーダンスが一定であること、減衰定数が一定であること、位相定数が周波数に反比例することである。

- ( ) 雑音の種類と特徴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〉

基本雑音は、増幅器などで発生する雑音で、導体中の自由電子の熱的じょう乱運動による熱雑音であり、特定の周波数帯域に存在している。基本雑音は、通話の有無とは無関係であることから、S/N比は信号電力と比例関係となる。

準漏話雑音は、非了解性漏話の一つである。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。

多重漏話雑音は、誘導回線が多数ある場合に、同時に漏れてくる各回線からの漏話が同程度のものであるとき、互いに干渉することにより生ずる了解性の雑音であり、バブル雑音ともいわれる。

誘導雑音としては、雷及び電気鉄道などの強電流施設から静電的あるいは電磁的に通信路に侵入する雑音、放送波が架空線を介して侵入する雑音などがある。

(1) 次の文章は、光の性質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。(2点×4=8点)

光は、電磁波の一種であり、電界と磁界が振動しながら伝搬する波と考えることができる。一般に、光通信で使用する波長は、肉眼で見ることができる可視光の波長□(ア)。

図に示すように、屈折率の異なる二つの媒質(屈折率： $n_1$ )、媒質(屈折率： $n_2$ )が接した状態で、媒質から媒質へ光が入射すると、光の一部は境界面で反射し、一部は境界面を透過する。また、透過光は直進せず、境界面で屈折する。

このとき、次式が成り立ち、これをスネルの法則という。

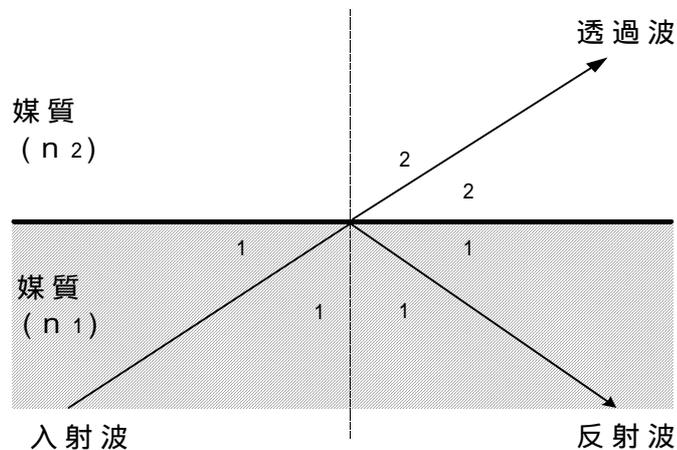
$$\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad , \quad \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

図において、 $n_1 > n_2$ の場合、□(イ)となり、入射角 $\theta_1$ を小さくして境界面に平行に近づけると、ある角度で $\theta_2 = 0$ となり、入射光が境界面で反射される全反射が生ずる。

境界面で全反射が生ずるときの入射角 $\theta_c$ は臨界角といわれ、 $\theta_c =$  □(ウ)で表される。

光通信で使用する光ファイバでは、臨界角より小さい角度で入射した光が、コアとクラッドの境界面で全反射を繰り返しながら光ファイバ内を伝搬していく。

光通信の光源として使われるレーザは、ほとんどが半導体レーザ及び固体レーザである。光通信でレーザが使われる理由として、レーザは発光波長が狭帯域であり、かつ、位相がそろっている□(エ)な光であるため高速変調信号の伝送に適していることが挙げられる。



〈(ア)~(エ)の解答群〉

$$\cos^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

$1 < 2$

よりも長い  
インコヒーレント

$$\sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

$1 = 2$

よりも短い

$$\cos \frac{n_1}{n_2}$$

$1 > 2$

コヒーレント  
ハイブリッド

$$\tan^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

と等しい

エバネセント

(2) 次の文章は、光ファイバ、受発光素子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)

( ) 光ファイバの種類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>

光ファイバを導波原理で分類すると、全反射形光ファイバとブラッグ反射形光ファイバに大別される。全反射形光ファイバは、コアとクラッドの屈折率差を利用して光をコアに閉じ込めている。屈折率差を実現する代表的な手段としては、添加剤(ドーパント)による屈折率制御がある。

石英系光ファイバは主成分である石英( $\text{SiO}_2$ )のほかに、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(Ge)、ホウ素(B)、フッ素(F)などが添加されている。

プラスチック光ファイバの材料としては、ポリメチルメタクリレート(PMMA)などが使用されている。プラスチック光ファイバの特徴は、石英系光ファイバと比較してコア径が小さく、単位長当たりの光損失が大きいことが挙げられる。

グレーデッドインデックス形光ファイバは、コアの屈折率分布形状が緩やかに変化しているものであり、各伝搬モード間の伝搬時間差をできるだけ小さくする最適な屈折率分布形状は、おおむね放物線形状である。

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

A 光ファイバの構造パラメータの一つであるモードフィールド径とは、光ファイバの径方向の光強度分布がガウス分布に近似できるとき、光強度が最大値に対して  $\frac{1}{e^2}$  (eは自然対数の底)になる範囲の直径のことである。

B 波長により伝搬速度が異なることによって生ずる分散を波長分散という。波長分散は、材料分散と構造分散の和であり、材料分散は、屈折率の波長依存性に起因し、構造分散は、コアとクラッドの光強度分布の波長依存性に起因する。

C マルチモード光ファイバは、シングルモード光ファイバと比較して伝送帯域が狭いため、一般に、構内のLANや機器間の短距離伝送に用いられている。一般に、プラスチック光ファイバは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	

- ( ) 発光素子の構造について述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (キ)  である。

〈(キ)の解答群〉

レーザダイオード(LD)は、一般に、ダブルヘテロ接合構造を用いており、発光部の活性層の光導波作用により光を閉じ込め、ファブリ・ペロー共振器といわれる2枚の反射鏡の間を共振させることにより増幅し、光を出力する構造を持つ。

発光ダイオード(LED)は、一般に、LDと同様にダブルヘテロ接合構造を用いているが共振回路がなく、接合面に垂直に光を取り出す面発光型などがある。

共振回路の軸方向に垂直な面内の電界分布により形成される発光パターンは、一般に、横モードといわれる。この横モードの制御は、LDから光ファイバへ効率よく光を導くために重要な技術の一つであり、電極を狭い带状であるストライプ形といわれる構造にすることで、発光スポットを1か所に絞り、単一モード化を実現している。

発光素子から光ファイバのコア内に光を導くための結合構造には幾つかの方式があり、光ファイバの先端を直接近づける直接結合方式をベースにしたものには、独立したレンズを用いる個別レンズ方式、光ファイバの先端をレンズ状にした先端レンズ方式などがある。一般に、光ファイバのNAの値が大きいほど発光素子との結合効率は低くなる。

- ( ) 受光素子の特性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〉

受光素子には、受光した光信号を直接電気信号に変える光電効果によるものと、光エネルギーをいったん熱エネルギーに変換した後、電気信号に変える感熱効果によるものなどがある。光電効果を用いた検出器では、半導体に光を照射したときに生ずる電流、起電力などの変化を検出する。

半導体受光素子は、外部に印加する電圧の大きさによりホトダイオード(PD)とアバランシホトダイオード(APD)の二つに大別される。APDはPDと比較して感度が高いが、必要とされる印加電圧は低い。

APDでは逆バイアス電圧を印加することにより、光の吸収によって生成された電子などのキャリアが電界から十分なエネルギーを得て加速され、新たにキャリアを生成する。新たに生成されたキャリアが更に新たにキャリアを生成するので、これを順次繰り返して光カー効果といわれる現象が発生し、キャリアの数がなだれのように急激に増加する。

受光素子で生ずる雑音として熱雑音、ショット雑音などがあるが、熱雑音は、光電変換過程において電子が時間的あるいは空間的に不規則に励起されるために生ずる光電流のゆらぎに起因するものである。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムで使用される光増幅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。  
 (2点×4=8点)

光増幅器には、半導体レーザを利用したものと光ファイバを利用したものがある。光ファイバ通信の初期の段階では、半導体レーザ光源が他の方式よりも早く実用化されたため、半導体レーザを応用した半導体光増幅器が実用化され、光海底中継システムに導入された。

一方、光ファイバを利用したものでは、エルビウム添加光ファイバ増幅器(EDFA)に代表されるような光ファイバに添加された希土類イオンにおける [ (ア) ] を利用したものと、ファイバラマン増幅器に代表されるような光ファイバを構成するガラスの [ (イ) ] を利用したものがよく知られている。

近年、長距離光海底中継システムで主流となっている [ (ウ) ] 分割多重方式では、異なる複数の信号の [ (エ) ] と高出力特性が求められるため、これに不向きな半導体光増幅器は光海底中継システムに使われなくなり、高効率で低雑音などの光増幅特性に優れたEDFAが導入されている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

屈折率差	自然放出	反転	分散
分散補償	非線形散乱	時	誘導放出
波長	高速化	帯域	一括増幅
共振	レイリー散乱	干渉	周波数

- (2) 次の文章は、光海底中継器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)

- ( ) 再生方式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〉

再生方式光海底中継器は、光信号を電気信号に変えて信号を再生するもので、等化増幅(Reshaping)、タイミング抽出(Retiming)、識別再生(Regenerating)の三つの機能からなる3R機能を有している。

再生方式光海底中継器における等化増幅とは、光ファイバを用いた伝送路では損失補償がほとんど必要ないため、主として光ファイバの波形ひずみを補償する帯域補償機能と光ファイバの分散を補償する分散補償機能から構成されている。

再生方式光海底中継器におけるタイミング抽出とは、信号パルスを正確な時間位置(タイミング)で識別再生するために受信信号パルス列の中からクロック周波数成分を抽出する機能である。

再生方式光海底中継器における識別再生とは、等化増幅後の信号の“0”、“1”を識別し、元の信号パルスに再生して伝送路に送り出す機能である。

( ) 光海底中継器の耐圧筐体<sup>きょう</sup>について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

- A 耐圧筐体は、耐圧シリンダと端面板から構成され、その材料には、鉄鋼やステンレス鋼と比較して耐食性及び機械強度に優れたベリリウム銅合金が多く用いられている。
- B 給電線と光ファイバを耐圧筐体に導入するための部品は、フィードスルーといわれ、光ファイバは給電線を兼ねる耐水圧パイプの中を貫通している。
- C フィードスルーの光ファイバ導入部は、耐水圧機能がないため、光ファイバを収納したケーブルケーブル内に高水圧の海水が浸入すると、光海底中継器の内部にも浸水する。

〈(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 |         |

( ) E D F A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〉

E D F A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、逆である後方励起方式があり、前方励起方式は出力特性、後方励起方式は雑音特性に優れているという特徴がある。

E D F Aは、信号光の波長が $1.55$  [ $\mu\text{m}$ ]を中心とした利得帯域を持ち、一般に、励起光として、高出力動作を目的とした $0.98$  [ $\mu\text{m}$ ]、低雑音増幅を目的とした $1.48$  [ $\mu\text{m}$ ]の光源が用いられている。

エルビウム添加光ファイバ(E D F)内部では、励起光量が増加するに従い、増幅された自然放出光の強度が増すため、増幅器としての励起効率や雑音特性は劣化する。

高利得動作時には、E D F内のフレネル反射による光信号多重反射によって過剰雑音が増加し、最大信号利得が制限されるため、光アイソレータや光バンドパスフィルタなどを挿入し増幅特性を改善する。

- ( ) 光海底ケーブルシステムに用いられるファイバマン増幅器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〉

ファイバマン増幅器では、光ファイバに強い励起光を入射すると励起光の波長よりわずかに長い波長帯で増幅が得られるため、励起光の波長を変えることにより増幅する波長帯を設定することができる。

ファイバマン増幅器は、増幅用光ファイバを利得媒体としていることから、EDFAと比較して光信号を集中的に増幅させる集中型増幅に適しており、良好な雑音特性を保持することができる。

ファイバマン増幅器において、後方励起方式は前方励起方式と比較すると利得の飽和が起きにくく、励起光の強度雑音が信号光に重畳される現象も起きにくいという特徴を有している。

ファイバマン増幅器では、信号光の存在の有無にかかわらず自然放出光が発生する。この自然放出光は、伝送用光ファイバ中を伝搬しながら信号光と同様に増幅されるため、雑音となる。

問4 次の問いに答えよ。

(小計20点)

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムで用いられる一般的な海中設備監視方式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)

光海底ケーブルシステムでは、光海底ケーブル、光海底中継器のような海中設備に故障が発生した場合、速やかに の判定ができなければならない。海中設備の故障の場合には、 系か伝送系か、ケーブルか中継器かなどの切り分けが必要である。 系の故障判定方法としては、直流抵抗測定、 測定が用いられる。

光海底ケーブルシステムの運用・保守性を向上するためには、光海底中継器の動作を監視する機能が必要となる。光海底中継器監視方式に対する一般的な要求条件は以下のとおりである。

伝送特性に影響を与えない測定が可能なこと。

監視回路自身の のため、できるだけ必要な機能を絞ること。

光海底ケーブル故障に対し の判定が1中継区間内で可能なこと。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

故障位置	故障頻度	消費電力	高信頼化
オーダーワイヤー	監視	給電	OTDR
マイケルソン干渉計	伝送端局	波長分散	デジタル化
光プロファイル	故障履歴	汎用性	静電容量

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの監視、保守及び計測技術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)

( ) 監視及び計測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〉

光海底ケーブルシステムの故障において、陸揚局からの給電が可能な場合、中継器監視装置により中継器の動作状況を確認することにより、どの中継器が故障しているか又はどの中継器まで給電されているかで故障区間を特定することができる。

OTDRを用いると、光ファイバに光を入射した場合に発生する自然放出光のレベルを入射端から測定することにより、複数の中継器を越えて光ファイバの光損失、破断点を確認できる。

パルスエコー測定器は、光海底ケーブルの導体部とアース間にパルスを印加し、その反射から光海底ケーブル故障点を特定するもので、主に、第1中継器までの故障に利用することができる。

直流抵抗測定では、陸揚局から給電路とアース間に定電流を流し、その時の電圧から直流抵抗値を求めて地絡点を推定する。

( ) 光海底ケーブルに使用される光ファイバの波長分散とその測定について述べた次のA～Cの文章は、□(カ)。

- A シングルモード光ファイバは、伝搬する光の強度によって伝搬速度が異なる性質、すなわち、波長分散を有している。
- B 波長分散の測定方法としては、周波数領域での測定方法である位相法、時間領域での測定方法であるパルス法などがある。
- C マッハツェンダー干渉計は、一つの光源からの光を二つに分けて、片方を被測定ファイバに導き、もう片方を別の光路長可変の経路に導いて、それら二つの光を干渉させ、その干渉の最も強い点を検出する。その時の波長と変化させた光路長差との関係から、光ファイバの群遅延特性が得られる。

〈(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 |         |

- ( ) 陸揚局での保守管理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は、多くの監視項目にわたって警報機能などが設けられており、入力信号の同期外れ、ビット誤り率の増加などの異常検出は可能であるが、ケーブル給電電流とその電圧異常、給電装置主要ユニットの切替動作、端局装置内主要ユニットの切替動作などの異常は検出できない。

異常検出レベルに達しない程度の特性劣化及び警報対象となっていない項目の異常を発見するために定期試験を行うが、試験項目は、建設時と同様に、光出力特性、ジッタ特性、給電の再立上げによる復旧手段の確認などである。

故障が海中部分に発生しているとみられる場合には、修理船の出動の可否を判断する必要があるため、できるだけ詳細な故障状況及び探索試験結果を保守責任者に報告する。また、光海底ケーブルの修理作業においては、安全対策の面から、一般に、陸揚局の給電安全責任者が修理船に乗船している給電安全責任者に対して主導権を持つ。

陸揚局には、光海底ケーブルシステムの設備以外に陸上伝送系の設備、高圧受電設備、空調設備などがあり、これらの保守運用も陸揚局での作業となるため、訓練の充実、予備品と取扱説明書の配備、修理技能者の派遣体制の充実などの設備保守体制の構築が必要である。

- ( ) 光海底ケーブルシステムの接続及び試験について述べた次の文章のうち、誤っているものは、(ク) である。

〈(ク)の解答群〉

光海底ケーブルの接続は、光海底ケーブル相互、光海底ケーブルと海底中継器などを電氣的、機械的及び光学的に接続するものである。

光海底ケーブル建設工事において、光海底ケーブルと海底中継器の接続及び接続試験は、敷設船への積み込み前又は積み込み後のどちらで実施してもよい。

光海底ケーブルは、接続場所へ搬入後に単体受け入れ検査を行う。光海底ケーブルの単体受け入れ検査では、OTDRによる測定、絶縁抵抗試験、抗張力及び側圧・曲げ特性試験を実施する。

複数の海底中継器及び光海底ケーブルを接続した後に行う試験では、絶縁抵抗試験、直流抵抗試験、中継器監視機能確認試験などを実施するが、このほかに全区間を通してC-OTDRによる測定を実施することもある。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステム設計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)

通常、無外装光海底ケーブルの破断強度は、98[kN]以上であり、ケーブルの水中重量で規格化したモジュラスは20[km]以上である。例えば、モジュラスが20[km]の場合、無外装光海底ケーブルは水深8,000[m]で自重の少なくとも□(ア)倍の重量に耐えることを意味しており、光海底ケーブル回収中の海のうねりなどによる追加張力や□(イ)の重量などを考慮しても、水深8,000[m]からのケーブル回収が可能となっている。

光海底ケーブルに収容されている光ファイバがケーブルと同様に伸縮するタイト型ケーブルでは、光ファイバの強度を保証するため、ケーブル敷設及び修理の際に印加される張力とその時間などから、光ファイバには通常□(ウ) [%]伸び相当のプルーフ試験が施されている。光海底ケーブルは、電力供給のための給電線機能も果たすよう設計されており、太平洋横断に適用する場合も考慮して電気抵抗は□(エ) ~ 1 [ / km]程度と低く抑えられている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
0.1	0.3	0.5	0.7
2	2.5	3	3.5
4	一重外装	光海底中継器	海中分岐装置
二重外装	ケーブル回収用アンカー		

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられる海中分岐装置、光海底ケーブルの設計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)

- ( ) 海中分岐装置の給電切替え方式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〉

海中分岐装置の給電切替え方式は、非対象形と3分岐対象形に大別される。非対象形は各分岐に優先順位をつけ、3本のケーブルを主ケーブルと2本の分岐ケーブルに分けて、一方の分岐ケーブルが故障しても他の分岐ケーブルと主ケーブルの間で給電回路を確保するものである。

一般に、無給電時の海中分岐装置の給電回路は、同装置の海中アースから絶縁されるように設計される。これは給電回路開放故障時に故障位置判定のための静電容量測定試験、ケーブル修理後に正常性を確認するための絶縁試験などが実施できるようにするためである。

海中分岐装置の給電切替えは、陸揚局から給電切替えのための遠隔操作信号を海中分岐装置に送り、海中分岐装置内の制御回路により給電回路を切り替えることにより行われ、通常の給電電流のまま、無瞬断で切り替えることが可能となっている。

海中分岐装置の給電切替え回路には、長期安定性があり、小形、高信頼度を達成できる真空リレーが採用されている。

- ( ) 光海底ケーブルシステムに用いられる光ファイバの偏波分散など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〉

偏波分散は、光ファイバの直交した二つの偏光軸に沿って光が伝搬する際の群遅延時間差によって、光パルス幅が広がる現象である。

偏波分散は、光ファイバの偏光特性に依存する。

分散シフト光ファイバは、波長分散による光パルスの広がりを抑制することができるが、偏波分散による光パルスの広がりを抑制することは困難である。

偏波保持光ファイバは、一般に、偏波モード間の伝搬定数差を小さくすることにより、偏波モード間の光パワーを結合させ、偏波状態を安定させている。

- ( ) 光海底ケーブルの設計上考慮すべき特性劣化について述べた次のA～Cの文章は、(キ) 。

A 光ファイバ伝送特性のうち、経時的に変化する可能性があるのは、光伝送損失と波長分散であり、光伝送損失が経時的に変化する主な原因は、光ファイバのマイクロベンドの発生による損失増加と水素ガスによる損失増加であり、波長分散の経時的に変化する主な原因は屈折率分布の変化である。

B 光ファイバは、光ファイバ被覆材や光ファイバユニット充実材が経時的に伸縮したり、局部的に形状が不均一になるとマイクロベンドが発生し、伝送損失が増加する場合がある。

C 光ファイバ内に水素を拡散させ測定すると、水素分子の固有振動波長と一致する2.42〔 $\mu\text{m}$ 〕やその第2高調波波長に対応する1.24〔 $\mu\text{m}$ 〕の波長などに強い吸収ピークが現れる。これらの影響により、光海底ケーブルで使用される信号波長である1.3  $\mu\text{m}$ 帯や1.55  $\mu\text{m}$ 帯での伝送損失が増加する。

〈(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 |         |

( ) 無中継光海底ケーブルシステムにおいて、以下の条件の場合、設計余裕は、(ク) (dB) である。

(条 件)

システム長は、200 (km) とする。

最大水深は、1,000 (m) とする。

光ファイバ損失は、0.22 (dB / km) とする。

送信側端局光出力は、6.0 (dBm) とする。

送信側端局と光ファイバの結合損失は、3.0 (dB) とする。

光ファイバと受信側端局の結合損失は、1.0 (dB) とする。

受信側端局の最小受光電力は、-59.0 (dBm) とする。

送信側端局光出力部、光ファイバ、受信側端局光受信部の設計寿命期間における予想経年劣化分の損失換算(これを経年劣化余裕とする。)は、合計で3.0 (dB) とする。

設計寿命期間内に最大水深部において10回のケーブル修理を見込む。これを修理余裕とする。ただし、1回の修理につき、必ず水深の2.5倍の予備ケーブルを割り入れることとする。なお、修理の際に除去したケーブルの光損失の減分は考慮しない。また、割り入れた予備ケーブルの光ファイバ損失は、◎と同じとし、割り入れた予備ケーブルの両端の2か所が本線ケーブルと接続され、その接続損失は、1か所当たり0.25 (dB) とする。

上記以外の損失は考慮しないこととする。

設計余裕は、初期受信電力余裕から経年劣化余裕と修理余裕を差し引いたものとする。

<(ク)の解答群>

2.5

3.0

3.5

4.0