

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14
		通信土木	8	8	8	8	8	線15～線25
		水底線路	8	8	8	8	8	線26～線40
	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41～線45	

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

5 答案作成上の注意

- マークシート(解答用紙)は1枚です。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。
- 解答は受験する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、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。

6 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、伝送系における雑音及びひずみの種類と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。ただし、 内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

実際の平衡対ケーブルによる通信線路では、媒体系の不完全さなどにより、一般に、信号の減衰、雑音、ひずみなどの影響を受ける。

例えば、加入者ケーブルでは、同一ケーブルに収容されている他回線からの (ア) 雑音、インパルス性雑音、さらに、ブリッジタップがある線路では、その線路端末部からの反射などによる影響も受けるため、回線収容設計を行う場合、これらの諸特性を十分考慮する必要がある。

特に (ア) 雑音は、絶縁体の不均一性や平衡対ケーブルのカッド構造の幾何学的な位置関係のくずれなどによる心線間の静電容量の不均衡及び相互インピーダンスによって生ずる。したがって、互いに干渉しあう可能性のある回線同士は、信号レベル差に応じて同一カッド内に収容しないなどの対策が必要な場合がある。

また、送信側の信号波形は、伝送路における様々な要因により受信側に届くまでに変形し、必ずしも同じ信号波形とならないことがある。この信号波形が変形する現象は、ひずみといわれる。

伝送路におけるひずみには、減衰量が周波数に対して一定でないために生ずる (イ) ひずみ、 (ウ) が周波数と直線関係にないため、すなわち群伝搬時間が周波数により異なるために生ずる (ウ) ひずみ、及び伝送路上に設置された増幅器、フィルタ素子、変成器などへの入力と出力とが比例関係にないために生ずる (エ) ひずみがある。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

透 過	位 相	鳴 動	量子化	減 衰
非直線	位置角	漏 話	変 調	伝搬定数
特性インピーダンス		増 幅		

(2) 次の文章は、伝送系の雑音、ひずみ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)

() ひずみ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〉

音声回線における減衰ひずみは、その安定度を低下させる。例えば、ある周波数において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く、またその周波数の反響が大きくなる。

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は、遅延ひずみともいわれる。

アナログ電話伝送では、帯域内の群伝搬時間差が規定されておらず、位相ひずみにより伝送品質が大きく劣化し問題となるが、データ伝送やテレビジョン伝送では、アナログ電話伝送の場合と比較して、位相ひずみによる伝送品質の劣化はなく問題とはならない。

搬送回線における高調波や混変調波の発生は、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。

() 一様線路における無ひずみ伝送条件などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A 無ひずみ伝送条件の一つとして、一次定数がすべての周波数に対して一定であることが挙げられる。

B 周波数が30 [kHz]以上の高周波数帯域では、減衰定数の近似値は、 $\frac{G}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{R}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}$ と表され、 $R = G = 0$ の場合、減衰量は“0”となり、減衰ひずみも“0”となる。ただし、Rは抵抗、Gはコンダクタンス、Lはインダクタンス、Cは静電容量を示す。

C L及びCの関係に着目すると $RC = GL$ の関係にあるとき減衰定数が最小となり、このときの減衰定数は $=\sqrt{RG} = R\sqrt{\frac{C}{L}}$ と表せる。しかし、実際には、 $RC = GL$ の関係が実現するのは困難であり、一般に $\sqrt{\frac{R}{G}} \sqrt{\frac{L}{C}}$ であるため、Lを増加させることが減衰量を小さくできる条件の一つである。ただし、Rは抵抗、Gはコンダクタンス、Lはインダクタンス、Cは静電容量を示す。

〈(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	

() 伝送系の雑音について述べた次の A ~ C の文章は、。

- A 伝送系内部で発生する回線雑音には、信号伝送を行っていない状態でも既に存在している基本雑音、信号伝送を行ったときに周波数多重通路においてアクティブ素子の非直線性により発生する準漏話雑音などがある。基本雑音の一つとして、導体中の自由電子が熱的にランダムな運動を行うことにより発生する熱雑音があり、これを避けることは原理的に不可能である。
- B 基本雑音は、信号の大小とは無関係であることから、信号レベルが低いところで影響が大きく、SN比は、信号電力と比例関係にある。
- C 外部からの回線雑音として、送電線や放送波からの誘導妨害雑音などがある。送電線による誘導妨害雑音には、送電線の電流成分を誘導源とする静電誘導により生ずるものと、送電線の電圧成分を誘導源とする電磁誘導により生ずるものがある。

〈(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 | |

() 平衡対ケーブルにおける線路一次定数と周波数との関係について述べた次の文章は、が正しい。

〈(ク)の解答群〉

自己インダクタンス及び静電容量は、音声周波数帯域では周波数が高くなるほどその値が増加するが、高周波数帯域では一定値となる。

高周波になるほど心線の表面近くでは電流密度が小さく、心線内部では電流密度が大きくなるため、実効断面積が減り実効抵抗が増える現象が生ずる。

2本の導体に電流が流れている場合、高周波になるほど近接した部分に多くの電流が流れ、近接した側の電流密度が大きくなる。この結果、導体の実効断面積が減り実効抵抗が増える現象が生ずる。

漏えいコンダクタンスの値は、ほぼ絶縁抵抗の逆数で表せ、周波数が高くなるほど小さくなる。

- (1) 次の文章は、光ファイバ伝送システム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)

現在、光ファイバ伝送システムにおいて広く用いられている光信号の変復調方式として、□(ア)変調・直接検波方式がある。この場合、光伝送システムの送信系の多重変換装置において多重化された電気信号は、□(ア)変調により光信号に変換され、光ファイバ伝送路に送出される。

光ファイバ伝送路において減衰した光信号は、中継装置により増幅され、光ファイバ伝送路に再送出される。受信系においては、光信号は電気信号に変換され、多重変換装置により元の電気信号に変換される。

受信系における信号雑音としては、光の粒子のゆらぎに起因する□(イ)、熱雑音などがあり、受信信号の□(ウ)は、誤り率を一定値以下に抑えるための重要なパラメータとなっている。

中継装置としては、光信号を光-電気変換、電気-光変換を介すことを行わずに光信号を直接増幅する□(エ)が実用化され、長距離大容量伝送システムに広く用いられている。

<(ア)~(エ)の解答群>

TDM	ビート雑音	線形中継装置	SN比
光の干渉	量子化雑音	光強度	再生中継装置
光結合器	ラマン散乱	PCM	ショット雑音

- (2) 次の文章は、光ファイバ伝送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)

() 光多重化について述べた次のA~Cの文章は、□(オ)。

- A 波長分割多重伝送システムでは、1本の光ファイバに複数の異なる波長の光を伝搬させることにより、複数の信号を多重化している。
- B 低クロストークかつ多チャネルの光合分波器、及び各波長を一括して増幅可能な光増幅器が実現されたことなどにより、波長分割多重伝送システムが実用化され、大容量化が可能となった。
- C 波長分散が“0”付近の波長域で波長分割多重通信を行おうとすると、光ファイバの非線形効果により光信号同士が相互作用し、クロストークが発生しやすくなる。この対策として、1.55 μm帯で適度な分散値を持たせたノンゼロ分散シフト光ファイバがある。

<(オ)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	

() 光ファイバの光損失要因について述べた次の A ~ C の文章は、(カ)。

- A 中継器間隔を長くする方法として、入射光源の光強度を大きくする方法がある。しかし、光ファイバに入射する光強度が大き過ぎると、レイリー散乱などの非線形散乱による光損失が生ずるため、入射光の強度には限度がある。
- B 光ファイバで発生する放射損失は、光ファイバが曲げられたとき、コアとクラッドとの境界面への光の入射角が変化し、臨界角以上の光が反射することにより生ずる損失である。
- C 二つの光ファイバを接続する場合、光を通る二つのコアを互いに正確に突き合わせる必要がある。このとき、コア同士が完全に均一に接続されない場合は、一方のコアから出射した光の一部が他のコアに入射できず損失となる。この要因には端面間の間げき、コアの軸ずれ、端面の不均一性などがあるが、一般に、端面間の間げきと軸ずれの寸法が同じ場合、コアの軸ずれによる損失の方が端面間の間げきによる損失よりも大きい。

〈(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 | |

() 光損失測定方法の種類と特徴について述べた次の A ~ C の文章は、(キ)。

- A 後方散乱光法に使用される代表的装置として OTDR があり、光源として短い光パルスが得られる LD などが使用される。光ファイバで後方に反射又は散乱される光信号は、一般に微弱なため、受光されたのち平均化処理などの信号処理が施される。
- B カットバック法では、光源に LD、LED 又は分光器と組み合わせた白色光源などが使用される。測定方法は、まず、被測定光ファイバから出射される光パワー P_{OUT} [W] を測定する。次に入射端から約 2 [m] の位置で光ファイバを切断し、その位置の光パワーの測定値を光ファイバへの入射パワー P_{IN} [W] とする。

切断後の被測定光ファイバの長さを L [km] とすると、損失 は次式から算出される。

$$= \frac{10 \log_{10}(P_{IN} / P_{OUT})}{L} \text{ (dB / km)}$$

- C 挿入損失法では、励振器からの出力パワーを P_0 [W]、被測定光ファイバからの出力光パワーを P_{OUT} [W]、光伝送路の長さを L [km] とすると、損失 は次式から算出される。

$$= \frac{10 \log_{10}(P_0 / P_{OUT})}{L} \text{ (dB / km)}$$

この測定値には、励振器と被測定光ファイバとの接続損失も含まれているが、一般に、この値を光伝送路の損失としている。

〈(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 | |

- () 光ファイバの伝送距離と伝送損失などとの関係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>

光信号の最大伝送距離は、光ファイバの損失、S N比、分散、送信出力などによって決定されるが、伝送速度(ラインビットレート)には関係しない。

伝送路にシングルモード光ファイバを用い、使用波長が1.3(μm)で伝送速度が100(Mbit/s)以下の場合、最大伝送距離は、ほとんど光ファイバの損失制限で決まり、光ファイバの帯域制限は無視することができる。

マルチモード光ファイバでは、モード分散が分散値に大きく影響し、伝送距離が長くなるほど使用できる帯域が狭くなる。

送信側の光送信レベル(光ファイバ内への入射レベル)を P_1 (dBm)、受信側の最小受光レベルを P_2 (dBm)、光ファイバの1(km)当たりの損失を P_L (dBm)、接続損失を P_J (dBm)及び損失マージンを P_M (dBm)とした場合、損失面からみた最大伝送距離 L (km)は、次式により求められる。

$$L = \frac{P_1 - P_2 - P_J - P_M}{P_L}$$

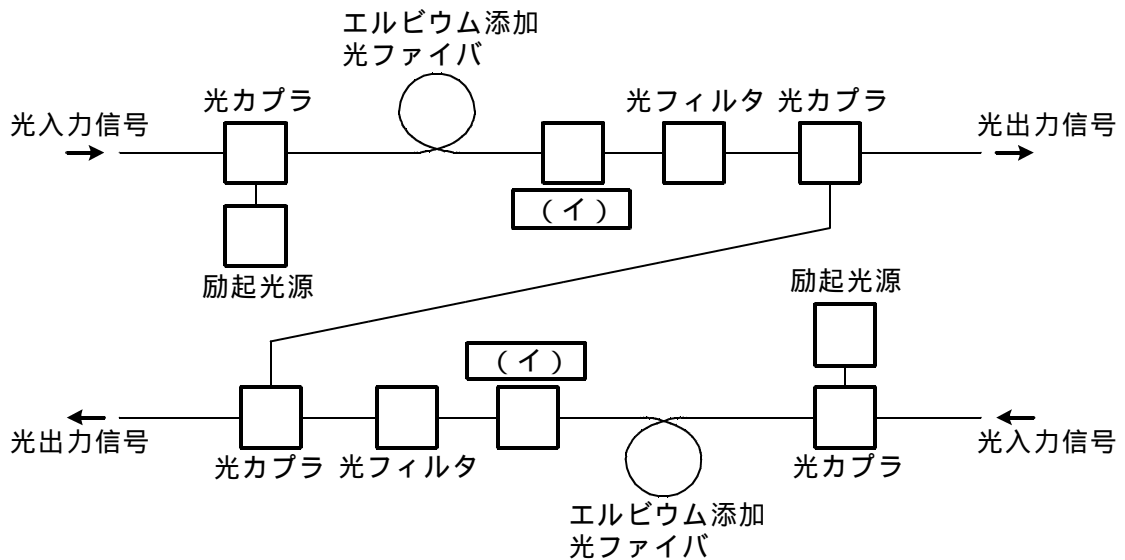
(1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられる光増幅方式の光海底中継器(以下、中継器という。)について述べたものである。□内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。

(2点×4=8点)

図に示す中継器の主要回路において、中継器に入力した1.55μm帯光信号は、波長□(ア)〔μm〕の励起光源から出力される励起光と合波され、エルビウム添加光ファイバを通過しながら光信号のまま増幅される。

エルビウム添加光ファイバの出力側には、逆行する光を抑圧するために□(イ)が接続され、さらにその後段には、光増幅に伴い発生した□(ウ)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る。

中継器の出力側には光カプラを介して双方向の線路が互いに結合される。この結合された経路は、ループバックパスといわれ、次段の中継器までの光伝送路を陸揚局から□(エ)により監視する際に有効な機能である。



〈(ア)~(エ)の解答群〉		
ビームスプリッタ	C - OTDR	1.3 1
量子化雑音	ASE雑音	光アイソレータ
光パワーメータ	1.3 8	モード分配雑音
光サーキュレータ	1.4 8	光スペクトルアナライザ

(2) 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中継器及びその周辺機材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)

() 光海底中継器の耐圧^{きょう}筐体について述べた次のA～Cの文章は、 (オ) 。

- 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内には故障により高水圧の海水が浸入すると、光海底中継器の内部も浸水する。

〈(オ)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 | |

() 光海底中継器に用いられている光増幅機能の利得圧縮(Gain Compression)の特徴について述べた次のA～Cの文章は、 (力) 。

- A 光海底中継器への入力レベルが公称入力レベルより大きい場合、利得は公称利得より小さくなる。
- B 複数の光海底中継器が公称値で動作するよう連続に接続されているシステムにおいて、初段の光海底中継器の入力レベルが低下すると、後段の1台又は数台の光海底中継器で徐々に入力レベルは回復して公称値に戻る。
- C 複数の光海底中継器が公称値で動作するよう連続に接続されているシステムにおいて、初段の光海底中継器の入力レベルが増加すると、後段の1台又は数台の光海底中継器で徐々に入力レベルは増加し続け、飽和する。

〈(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 | |

() 光海底中継器の耐圧^{きょう}筐体に用いられる放熱緩衝構造などについて述べた次の A ~ C の文章は、 (キ) 。

- A 放熱緩衝構造には、金属バネや金属フィン、あるいは金属粉末を混入させたゴム緩衝体が適用され、筐体の熱抵抗を低減している。
- B 光海底中継器は、主にケーブル船の敷設機構等を通過する際に、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 $9.8 \text{ [m/s}^2\text{]} (1.0 \text{ [G]})$ 程度が採用されている。
- 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^{きょう}に実装されている。

<(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 | |

() 光海底中継器と光海底ケーブルとを接続するケーブルカップリング及びその接続部周辺について述べた次の文章は、 (ク) が正しい。

<(ク)の解答群>

ケーブルカップリングと光海底中継器収容部との接続部は、海底への敷設や海底からの回収に十分に耐え得る引張り強度を持たせるために、屈曲しない一体構造となっている。

光海底ケーブルからジョイントチャンバ、テールケーブル、フィードスルーに至るまで、給電線は連続したパイプ構造を成し、内部の光ファイバを水圧から保護する構造となっている。

ケーブルカップリング内の給電路は、海水から電氣的に絶縁するために、光海底ケーブルを挫屈から保護するブーツと同材料のゴム材で覆われている。

外装光海底ケーブルとの接続では、引張り強度を確保するために、外装鉄線を耐圧^{きょう}筐体^{きょう}に、直接溶接接続している。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの監視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)

光海底ケーブルシステムにおいて、システム全体の監視は、両陸揚局に設置した端局装置間での (ア)、ビット誤り率の検出などによって実施される。システムに故障が発生した場合、速やかに故障位置の判定を行う。まず最初に、発生した警報情報などにより、陸揚局に設置されている端局設備の故障か、海中設備の故障かの切り分けを行う。海中設備に故障がある場合は、給電系か伝送系か、ケーブルか中継器かの切り分けを端局装置の故障警報情報や中継器監視装置などにより行う。

給電系の故障に対しては、給電可能な場合は、直流抵抗測定を実施し、給電ができない故障の場合は、 (イ) 測定を実施して、陸揚局から故障点までの距離を推定する。

給電可能な場合における伝送系の故障に対しては、中継器監視装置により各中継器での入出力レベルなどをチェックし、 (ウ) 以内に故障位置を絞り込む。

また、陸揚局から第1中継器までの間に故障がある場合は、 (エ) 測定器を用いる方法なども故障位置判定に有効である。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

F L T S	内部抵抗	2中継区間	光ループバック
静電容量	故障原因	1中継区間	光カットバック
絶縁抵抗	L M E	5 [km]	O T D R
1 [km]	信号断	ビット多重	光信号のひずみ

- (2) 次の文章は、光海底ケーブルの監視、試験及び修理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)

- () 光海底中継器の監視方式について述べた次の文章は、 (オ) が正しい。

〈(オ)の解答群〉

ケーブル故障時にシステムの運用を停止して故障点の検出を行う方式は、インサートサービス監視方式といわれる。

システムの運用中に発生したバースト的なビット誤りなどの原因をつかむため、システムの運用中に光海底中継器の測定を実施する方式は、アウトオブサービス監視方式といわれる。

監視信号を上り下りの回線でループバックし自局に送り返す方式には、光海底中継器内での折返点を電気回路とするか光回路とするかの二つの方法がある。

光回路折り返しのループバック方式では、故障箇所が光海底中継器の回路内か回路以外かの切分けはできない。

() 光海底中継器及び光海底ケーブルの試験について述べた次の A ~ C の文章は、(カ)。

- A 水深 1,000 [m] を超える深海における海水温度は、2 ~ 3 [] 程度でほぼ一定であるが、浅海域では季節変動などにより変化するため、光海底中継器は、どのような敷設環境温度でも正常に動作する必要がある。したがって、耐環境試験では、0 []、15 []、30 [] などの環境を代表する温度で、主要な伝送特性を全て満足することを確認する。
- B 光海底中継器の気密特性試験では、大型の圧力容器に中継器をセットし、ヘリウムガスを最大圧力 9.8 [MPa] (100 [kgf/cm²]) で加圧して、中継器内部への漏えいをチェックすることで気密性を確認する。
- C 光海底ケーブル用の高強度光ファイバは、破断に至りやすい低強度部を除去するため、全長にわたってプルーフ試験を実施するが、光ファイバ接続部については、試験環境の制約や接続数が少ないことから、張力を加えて行うプルーフ試験は実施していない。

〈(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 | |

() 再生中継方式の故障位置判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、(キ) である。

〈(キ)の解答群〉

OTDRでは、光ファイバに光を入射したときに発生するレイリー後方散乱光のレベルを入射端から測定することにより、直近の中継器までの光ファイバの光損失、破断点の位置を測定できる。

海中設備部分で地絡故障が発生した場合、片側給電システムでは、その先の中継器に給電することができなくなるため、中継器監視装置により故障区間を判定することはできない。

パルスエコー測定では、光海底ケーブルの給電路と外部導体の役目をする海水との間に電気パルスを印加し、その反射を測定することにより、光海底ケーブルの故障点を判定できる。

直流特性測定では、陸揚局から給電路とアース間に定電流を流し、そのときの電圧から直流抵抗を求めることにより、地絡点を判定できる。

() 非埋設ケーブルの修理について述べた次のA～Cの文章は、(ク)。

- A 陸揚局から第一番目の中継器までの浅海部の区間は、一般に、修理マージンを考慮して標準中継区間長より短くして設計することが多い。したがって、この場合は、中継器数を増やすことなくケーブルを割入れて修理を行うのが一般的である。
- B 第一中継区間以降の故障の少ない深海部の区間における修理においては、水深の2.0～2.5倍と長い追加ケーブルを割入れて修理する必要があるため、浅海部と比較してシステムに修理マージンを大きく持たせて設計するのが一般的である。
- C 深海部の修理においては、海洋での工事期間を短縮するため、中継器が故障した場合の修理方法は、故障した中継器とその両端に接続されたケーブルを、当該ケーブルシステムに使用されているケーブルとは異なる超低損失光ファイバケーブルのみで置換する修理工法を採るのが一般的である。

〈(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、再生中継方式の光海底ケーブルシステムの光損失配分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)

光海底ケーブル方式の伝送路モデルは、光送信部、光ケーブル区間、光受信部の三つに大別される。

光送信部は、半導体レーザとその駆動部が二重化され、光スイッチ又は光結合器で切り替える構成が一般的であり、光出力電力、発振波長、スペクトル分布などが光損失設計上考慮すべきパラメータであるが、それ以外に、半導体レーザと光ファイバの結合損失、光スイッチなどの挿入損失、中継器筐体内の光ファイバ接続点での (ア) 接続損失、光フィードスルー損失などを考慮する必要がある。

光ケーブル区間では、光損失のほか分散特性、光ファイバの長さが、設計上考慮すべきパラメータとなる。

光受信部では、APDにおける受信波形、 (イ) 効率などとともに、光フィードスルー損失、 (ア) 接続損失を考慮する必要がある。さらに、等化増幅回路では周波数特性及び雑音電流密度が、識別回路ではタイミング偏差、 (ウ)、識別点でのSN比が、重要な設計パラメータとなる。

なお、中継区間長は、設計パラメータの各特性について、一般に、システム設計寿命とされる (エ) 年後の特性を推定し、各部へ損失配分して決定される。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

消光比	受信電力	15	A/C
暗電流	A/A	量子	過剰雑音
25	50	アイ開口率	BU
増倍	光出力波形		

- (2) 次の文章は、再生中継方式の光海底ケーブルの信頼性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)

- () 光海底ケーブル方式の信頼性設計において、方式長を8,000[km]、中継間隔を80[km]、ケーブルシステム全体のMTBF(平均故障間隔)を10年としたとき、1中継器当たり割り当てられる要求信頼度は、 (オ) フィット(FIT)である。

〈(オ)の解答群〉

約58	約84	約115	約277
-----	-----	------	------

() 光ファイバの高信頼化について述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 光ファイバの破断強度は、一般に、 $5,884 \text{ [N/mm}^2\text{]} (600 \text{ [kgf/mm}^2\text{)})$ 程度であり、破断強度が $1,961 \text{ [N/mm}^2\text{]} (200 \text{ [kgf/mm}^2\text{)})$ 程度のピアノ線と比較しても、高強度な性質を持っている。
- B 光ファイバは、製造段階などで表面に傷が発生しやすく、光ファイバの長さ方向にみれば所々に低強度な部分を含んでいる。この低強度部分をできる限り無くするため、[Ⓐ]光ファイバ母材の全合成化による泡等の不純物低減、[Ⓑ]汚染及び損傷機会の除去、[Ⓒ]薬品によるエッチングや火炎研磨処理による合成母材表面傷の除去など、製造に際して工夫がなされている。
- C 光ファイバの強度保証をするために、光ファイバ全長にあらかじめ張力を加えて、長手方向の最低強度を保証するプルーフ試験が行われるが、光海底ケーブルでは、光ファイバ部について0.2 [%]の伸びひずみを与えて試験を実施するのが、一般的である。

〈(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 | |

() 光ファイバ接続の高信頼化について述べた次のA～Cの文章は、(キ)。

- A 数十km以上にも及ぶ長尺の光海底ケーブルを連続的に製造する場合、光ファイバは、ケーブル化に必要な長さとなるようにあらかじめ接続しておくことが必要となる。この接続部にも光ファイバ自身と同様な高強度が要求されるため、融着工程中において急激な加熱と冷却を繰り返すことにより、接続強度を高める工夫がされている。
- B 光海底ケーブル敷設時の心線接続は、通常の放電融着による方法では、心線被覆の除去作業時や接続装置の取扱い時の光ファイバ表面への微細な接触傷及び放電加熱過程における熱応力などの影響により、1心当たり $98 \text{ [N]} (10 \text{ [kgf]})$ 程度の強度となり、本来の光ファイバ強度と比較して低い強度となるため、接続強度を高める工夫がされている。
- C 光海底ケーブル敷設時の心線接続における光ファイバ表面への接触傷の防止には、熱硫酸などの溶剤による被覆の溶解や、融着接続装置のV溝に被覆部分で心線をクランプする方法が、一般に用いられている。また、熱応力の抑制には、放電融着時の放電時間、電極間隔などのパラメータを最適化する方法などが用いられている。

〈(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 | |

- () 光海底中継器に用いられる発光素子、受光素子の高信頼化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>

細い帯状の発光領域(活性層)が、その発光領域よりも屈折率が小さく禁制帯幅の大きな半導体に埋め込まれている活性層埋込構造の半導体レーザでは、しきい値電流が低く、低消費電力動作及び高効率発光動作の達成が可能である。

活性層埋込構造の半導体レーザは、ボンディングのために使用するハンダ材の劣化やボンディング時に発生するレーザチップ内の熱的又は機械的なひずみなどの劣化要因対策として、ハンダ材の適切な選定やレーザ組立構造の改良などにより高信頼化が図られている。

長距離光海底ケーブル方式に用いられるレーザの信頼度試験では、海底での実動作温度で試験した場合に、レーザ諸特性の劣化量が少なく精度の良い試験ができないため、50〔 〕及び70〔 〕における高温加速試験を行い、半導体の温度加速特性を記述する関係式を用いて、実動作温度における劣化特性を推定している。

受光素子であるGe-APDの諸特性の中で、表面漏れ電流と比較して経時劣化が現れやすい拡散電流の増加を抑制するためには、素子表面に反転層が発生するのを防止しやすい構造を採用するとともに、受光面の周囲にチャンネルストッパを設けるなどして、拡散電流の発生領域を減らすことが有効である。