

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16
		通信土木	8	8	8	8	8	線17～線27
		水底線路	8	8	8	8	8	線28～線43
	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44～線47	

- 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	○	○	○	○	○	○
○	●	B	B	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

生 年 月 日									
年 号	5	0	0	3	0	1			
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、メタリックケーブルを用いたアナログ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)

メタリックケーブルを用いたアナログ伝送系における雑音は、一般に、伝送系内部で発生する雑音と外部から侵入する雑音に分けられ、さらに、伝送系内部で発生する雑音は、信号を伝送していない場合でも存在する基本雑音と信号伝送に伴って発生する□(ア)雑音とに分けることができる。

基本雑音は、通話の有無と無関係であることから、信号レベルの低いところで問題となり、一般に、大きな妨害になるものは、増幅器で発生する雑音で、主な成分の一つは、周波数に対して一様に分布している□(イ)雑音である。

一方、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ないため、すなわち□(ウ)が周波数により異なるために生ずるひずみであり、伝送品質に影響を及ぼす。

また、□(エ)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□(エ)ひずみによる高調波及び混変調波の発生は、雑音の原因となる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

S N 比	準漏話	減 衰	インパルス性
熱	反 響	鳴 音	A S E
ビート	誘 導	相互変調	磁 気
フリッカ	非直線	群伝搬時間	量子化

- (2) 次の文章は、メタリック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)

- ( ) 導体系の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。

ごく近くに平行に並んでいる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。

30 (kHz) 以上の高周波での特性インピーダンスの近似式において、特性インピーダンスは、線路の自己インダクタンスの平方根に比例し、静電容量の平方根に反比例する。

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えいする電流が大きく、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。

- ( ) 漏話及び漏話減衰量の定義、特徴などについて述べた次のA～Cの文章は、(カ)。  
 ただし、図1において、誘導回線の送端及び受端の電圧、電流を $V_{10}, I_{10}$ 及び $V_{11}, I_{11}$ 、  
 被誘導回線の両端に現れる電圧、電流を $V_{20}, I_{20}$ 及び $V_{21}, I_{21}$ 、誘導回線及び被誘導  
 回線の特性インピーダンスを $Z_1, Z_2$ とする。

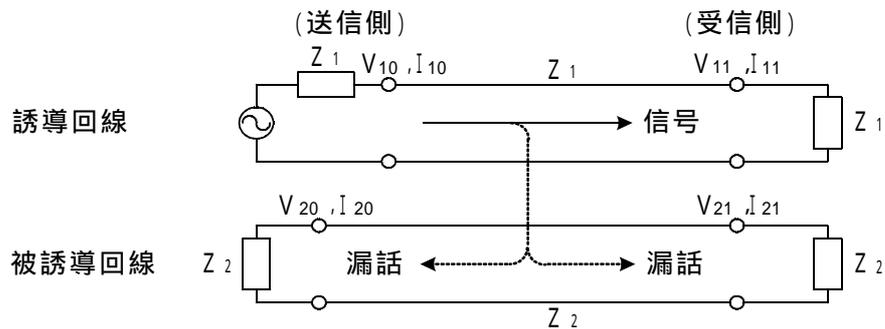


図1

- A 図1に示すように、被誘導回線において、誘導回線の信号伝送方向と逆方向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に生ずる漏話は遠端漏話といわれる。  
 B 図1に示すように、それぞれ整合終端された誘導回線、被誘導回線において、漏話減衰量(単位を(dB)とする。)は、次式で定義される。

$$\text{近端漏話減衰量} = 10 \log_{10} \left| \frac{V_{10} I_{10}}{V_{20} I_{20}} \right|$$

$$\text{遠端漏話減衰量} = 10 \log_{10} \left| \frac{V_{10} I_{10}}{V_{21} I_{21}} \right|$$

- C 電磁結合によって生ずる漏話は、線路の特性インピーダンスに反比例し、静電結合によって生ずる漏話は、線路の特性インピーダンスに比例する。

<(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 |         |

- ( ) 漏話の軽減方法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〉

平衡対ケーブルの漏話は、任意の2対間の静電結合及び電磁結合によって生ずるが、音声回線では静電結合は微小な値であることから、静電結合による漏話の軽減方法を考慮する必要はない。

ケーブル内の各対の2本の導線を燃<sup>よ</sup>ることにより漏話は軽減でき、隣接する対どうしで燃りピッチを同一にすると、燃りピッチを変えた場合と比較して大きな軽減効果が得られる。

信号の伝送方向(設備センタからユーザ方向又はユーザから設備センタ方向)ごとに心線をそれぞれ別々のケーブルに分けて収容しても、漏話妨害が遠端漏話と比較して大きい近端漏話を軽減する効果はない。

平衡対ケーブルにおける漏話減衰量は、高周波になるに従い、一般に、オクターブ当たり遠端漏話では6 [dB]、近端漏話では4.5 [dB]の減少傾向を示す。また、遠端漏話減衰量は、線路長が長くなるに従い増大するが、近端漏話減衰量は、線路長には無関係である。

- ( ) 図2に示すように、大地に対する電圧 $V_E$ の送電線の近くに通信線がある場合、送電線と大地間の静電容量を $C_1$ 、通信線と大地間の静電容量を $C_2$ 、送電線と通信線間の静電容量を $C_3$ とすると、送電線からの静電誘導により通信線に発生する電圧 $V_C$ の算出式について記した次の式のうち、正しいものは、(ク) である。

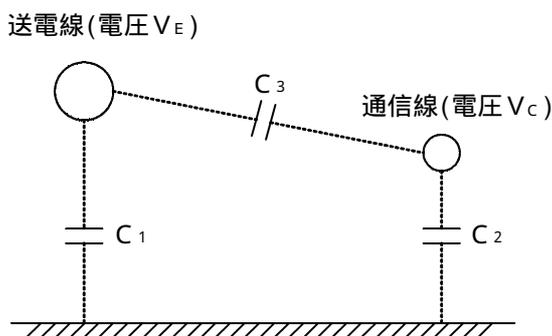


図2

〈(ク)の解答群〉

$$V_C = \frac{(C_2 + C_3)V_E}{C_3}$$

$$V_C = \frac{C_3 V_E}{C_2 + C_3}$$

$$V_C = \frac{C_1 V_E}{C_1 + C_2}$$

$$V_C = \frac{C_2 V_E}{C_2 + C_3}$$

- (1) 次の文章は、光ファイバの構造、伝搬原理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)

光ファイバは光をコアに閉じ込めて伝搬する導波原理で分類すると、全反射によるものと□(ア)反射によるものに大別される。

全反射形光ファイバは、光が伝搬するコアと、その周辺を覆う同心円状のクラッドから構成されており、クラッドの屈折率は、コアの屈折率□(イ)より小さい。全反射形光ファイバに入射した光は、コアとクラッドの境界面において全反射を繰り返しながら伝搬していく。

全反射形光ファイバの一つである空孔アシスト光ファイバは、コアとクラッドをドーパントにより形成するとともに、クラッドの内部に空孔を設けて伝搬光のクラッドへの広がりを制限している。このことから、□(ウ)損失がほとんど発生せず、取り扱いが容易である特徴を有している。また、□(ア)反射を用いた光ファイバとしては、コアを中空、クラッドを空孔付きガラスとしたホトニック・バンドギャップ光ファイバがある。

一方、光ファイバは屈折率分布で分類すると2種類に大別される。一つは、コアとクラッドの間で屈折率が□(エ)に変化しているものであり、SI形光ファイバといわれ、もう一つは、コアの屈折率分布が緩やかに変化しているもので、GI形光ファイバといわれる。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

拡散	と等しい	フレネル	放物線状
鏡面	より小さい	階段状	レイリー散乱
凹状	曲げ	接続	より大きい
吸収	のこぎり状	ブラッグ	プリズム

(2) 次の文章は、光ファイバの構造や特性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)

( ) 光ファイバの構造パラメータの種類、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>

光ファイバの構造パラメータであるコア非円率及びコア偏心率は、光ファイバの接続損失には影響を及ぼさないが、光ファイバの分散特性、伝送帯域などの伝送特性には大きな影響を及ぼすものである。

SM光ファイバにおけるモードフィールド径とは、SM光ファイバの径方向の光強度分布がガウス型で近似できるとき、光強度が最大値の  $\frac{1}{e^2}$  (eは自然対数の底) となる直径である。

SM光ファイバの構造パラメータには、モードフィールド偏心率、クラッド径、カットオフ波長などがあり、MM光ファイバの構造パラメータには、コア径、クラッド径、開口数(NA)などがある。

カットオフ波長は、二次の伝搬モード(LP<sub>11</sub>モード)が伝搬不能となる波長である。これより短い波長の光を入射すると、高次モードも伝搬可能となりモード分散による伝送帯域の制限が生ずる。

( ) 光ファイバの光損失の特徴などについて述べた次のA~Cの文章は、  (カ) 。

A 吸収損失は、伝搬光が光ファイバ材料そのものにより吸収されて熱に変換される損失であり、一般に、ガラスが本来持っている紫外吸収や赤外吸収に起因する固有の吸収によるものと、ガラス内に含まれる不純物に起因する吸収によるものとがある。

B 光ファイバは、製造時において、2,000〔 〕程度の高温から20〔 〕程度に冷却されるため、わずかな屈折率のゆらぎが生ずる。この屈折率のゆらぎによって生ずる光損失は、光の波長の2乗に比例する。

C 光ファイバどうしを接続する場合、コアを互いに正確に突き合わせる事が重要であり、接続部において隙間すきが存在すると大きな反射が生ずる場合がある。この反射は、一般に、フレネル反射といわれる。

<(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	

- ( ) 光ファイバの分散の種類、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、  
**(キ)** である。

<(キ)の解答群>

波長が長くなるほど光ファイバ材料の屈折率は小さくなるため、伝搬速度が速くなる特性により生ずる分散は、材料分散といわれる。材料分散は、モード分散と同じように伝送帯域を制限する要因となる。

光ファイバのコアとクラッドの屈折率差が小さい場合、光の一部がクラッドにしみ出すことにより生ずる分散は、構造分散といわれる。このしみ出しの割合は、波長が長くなるほど大きくなり、伝搬経路は長くなる。

構造分散よりも変更の容易な材料分散の値を変えることにより、ゼロ分散波長を1.3 μm帯から1.55 μm帯へ移した光ファイバは、1.55 μmゼロ分散シフト光ファイバといわれる。

光ファイバのコア形状が製造上などの理由により、わずかに<sup>だ</sup>楕円化している場合に、二つの直交偏波モード成分間に伝搬時間差を生ずることによる分散は、偏波モード分散といわれる。

- ( ) 光ファイバ伝搬における群速度及び位相速度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>

真空中の光の速度を  $c$ 、媒質の屈折率を  $n$  とすると、媒質中を伝わる光の速度は、 $\frac{c}{n}$  となり、この速度は、光の位相が伝わる速さで位相速度といわれる。一方、周波数が異なる複数の波の集まりである波束が伝わる速度、すなわち光のパルス自体が伝わる速度は、群速度といわれる。

光ファイバ伝搬における位相速度を  $V_c$ 、群速度を  $V_g$  とすると、それぞれ以下の関係が成り立つ。ただし、 $\beta$  は伝搬定数、 $\omega$  は角速度、 $n$  は屈折率、 $c$  は真空中の光の速度とする。

$$V_c = \frac{\omega}{\beta} \quad , \quad V_g = \frac{d\omega}{d\beta} \quad , \quad \beta = \frac{\omega n}{c}$$

最も基本的な伝搬モードとなる  $LP_{01}$  モードは、波長が短くなると、電磁界が広がり屈折率の低いクラッドの影響を受けて位相速度が速くなる。逆に、波長が長くなると、電磁界が中心のコアに集中して位相速度は遅くなり、コアの屈折率で決まる値に収束する。

S I 形光ファイバでは、高次モードほど群速度が速くなる。これは、入射端で幅の広いパルスを入力しても、異なるモードに分担されて伝搬される結果、伝搬距離とともにパルスの幅が狭くなることを意味する。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの構造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)

光海底ケーブルには、水深、海底地質などの使用環境を考慮し、ケーブルの保護構造に幾つかの種類がある。陸揚局近傍の浅海部では、漁労、<sup>いかり</sup>錨などにより、光海底ケーブルが最も損傷を受けやすいことから、一般に、□(ア)ケーブルが使用されている。さらに、水深□(イ)〔m〕程度までは、同様の理由により損傷を受けるおそれがあるため、一重外装ケーブルが使用されている。

また、水深□(イ)〔m〕以上の深海では、無外装ケーブルに□(ウ)を巻き、さらに、ポリエチレンのジャケットで補強したケーブル(強化ジャケットケーブル)などが使用される。この強化ジャケットケーブルは、無外装ケーブルと比較して□(エ)に優れ、海底地質の悪い場所、ケーブル接続などで敷設船がケーブルを長時間にわたり保持する場所などにも適用される。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
100	HS	二重外装	耐水圧性能
500	金属テープ	放熱緩衝性能	粘着テープ
1,500	VCT	ゴムシート	耐摩耗性
3,000	絶縁テープ	OF	水走り防止機能

- (2) 次の文章は、光海底ケーブル、ジョイントボックス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)

- ( ) 光海底ケーブルの機械的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〉

光海底ケーブルの水中重量で規格化したモジュラスが20〔km〕の場合、水深8,000〔m〕でケーブル自重の2.5倍の重量に耐えることを意味しており、水深8,000〔m〕の海底から光海底ケーブルを回収することができる。

海底に敷設された光海底ケーブルは、水深に比例した高い水圧を受ける。このため、最大で水深8,000〔m〕の深海部へのケーブル敷設及び修理工事を想定し、80〔MPa〕以上の水圧にも耐えるよう設計されている。

海底に敷設された光海底ケーブルが切断された場合、切断点から海水が浸水すると、水圧などの影響で水走りが進行し、光海底ケーブルが劣化するため、光海底ケーブル内の空隙にコンパウンドを充填するなどの浸水防止策が採られている。

光海底ケーブルの敷設特性を表す数値として動水係数がある。動水係数はケーブル入水角とケーブルの敷設速度との積(度・ノット)で表され、ケーブル外径に比例する。このため、動水係数の大きいケーブルほど潮海流の影響を受けやすいが、高速で敷設しても入水角を大きくとれる。

( ) 光海底ケーブルの光学的、電気的特性などについて述べた次のA～Cの文章は、(カ)。

- A 光海底ケーブルは、いったん敷設されると長期間にわたって安定した伝送特性が維持されなければならない。光ファイバの伝送特性のうち、光伝送損失は経時的に増加するおそれがあり、その主な要因としては、光ファイバのマイクロベンドの発生及び水素ガスによるものがある。
- B 光海底ケーブルの製造において、ケーブル構造、光ファイバ心線の被覆材料などを最適化することにより安定した光損失特性及び温度特性が実現されている。
- C 光海底ケーブルの電気的特性として重要な項目は、直流抵抗、絶縁抵抗、絶縁耐圧などである。直流抵抗を低減する方法としては、給電線として機能する銅パイプの断面積を大きくする方法がある。

〈(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 |         |

( ) ジョイントボックスの構造、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〉

ジョイントボックスは、敷設・引揚げ時の張力、側圧などの外力並びに敷設後の長期間にわたる高水圧を受けるため、光海底ケーブルより更に厳しい機械特性及び信頼性が要求される。

ジョイントボックスは、光ファイバ接続部、ファイバ余長収納体、耐圧シリンダ、金属カバー、ブーツなどで構成される。また、耐圧シリンダは、外部にポリエチレンによる電氣的な絶縁層が形成され、これを金属カバーで保護する構造となっている。

ジョイントボックスのファイバ余長収納体は、光ファイバ接続部に、曲げや側圧などの外力が加わっても、低損失性及び長期信頼性が維持されるように考慮された構造となっている。

ジョイントボックスは、敷設船の設備や工事の方法に無理なく適合できるものでなければならない。また、ジョイントボックスは、組立てが容易であり、組立て作業時間は、おおむね1～2時間である。

- ( ) ジョイントボックスの機能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〉

ジョイントボックス内における光ファイバ接続は、低損失接続を実現するために、光が伝搬するコア部分を正確に一致させ、軸ずれなどを極力起こさないようにすることが重要である。また、長期間の使用に対する信頼性を確保するため、一般に、光ファイバを加熱溶融して接続する融着法が用いられている。

敷設船のシーブやドラムエンジン上で受ける屈曲からジョイントボックス端部のケーブルを保護するため、ジョイントボックスとケーブルとの接合部には、光海底中継器と同様に、自在に曲がるジンバル機能が用いられている。

光海底ケーブルの抗張力ピアノ線は、ジョイントボックス内の耐圧シリンダに溶接され、金属カバーを介してケーブル張力が接続相手側のケーブルに伝達される。

ジョイントボックスでは、光ファイバの光学的な接続と抗張力ピアノ線の機械的な接続が行われるが、給電路の電氣的な接続は行われない。

(1) 次の文章は、再生中継方式を用いた光海底ケーブルシステムにおける光海底中継器の監視制御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全体の監視は、両端の陸揚局に設置した□(ア)間の信号断などの検出により行われる。海中設備に故障が発生した場合、給電系か伝送系か、あるいはケーブルか光海底中継器かなどの切り分けが必要となる。

光海底中継器の監視には、本来の伝送系に影響を与えないこと、故障位置を□(イ)内に絞り込むことを可能とするなどの機能が求められる。監視方式には、システム運用中に監視できるインサーブス監視方式とシステム運用を停止して故障位置の検出などを行うアウトオブサービス監視方式がある。

インサーブス監視方式は、システム運用中に陸揚局から各光海底中継器にコマンドを送り、各光海底中継器の□(ウ)や光入出力のレベルを測定することにより、光送信部の劣化現象などを検知することができ、故障発生前に予備系のシステムへ切り替えるなどの予防保全を可能にする監視方式である。

アウトオブサービス監視方式は、故障位置の測定方法として、監視信号を上り下りの回線で折り返す□(エ)法が一般的である。□(エ)法では、光海底中継器内の折返点が電気回路か光回路かにより故障位置判定区間の精度に若干の差異が生ずるが、一般に、光回路で折り返すほうが故障位置判定区間を限定しやすい。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

1分岐区間	給電装置	同種ケーブル
ループバック	光波長	符合形式
1中継区間	後方散乱光	挿入損失
1接続区間	海中分岐装置	ビット誤り率
カットバック	光伝送速度	光伝送端局装置
中継器監視制御装置		

- (2) 次の文章は、光海底中継器の監視制御、光計測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)

- ( ) 再生中継方式を用いた光海底ケーブルシステムにおける中継器監視制御装置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>

中継器監視制御装置の監視・制御機能としては、光海底中継器の内部情報モニタ機能、予備LDへの切替機能、故障点判定のための信号折り返し機能などがある。

中継器監視制御装置で監視できる項目としては、APDバイアス電圧、LD背面光、LDバイアス電流、光海底中継器内温度などがある。

光海底中継器内のLDバイアス電流を強制的にしきい値まで増加させたときのLD出力レベルを測定することにより、LDの劣化の程度を確認することができる。

LDの切替方法には、中継器監視制御装置でLDバイアス電流を監視しながら手動により切り替える方法と、バイアス電流が一定値になったときに自動的に切り替える方法がある。

- ( ) 再生中継方式を用いた光海底ケーブルシステムにおける光海底中継器と光海底ケーブルの接続後の試験について述べた次のA～Cの文章は、  (力) 。

- A 光海底中継器と光海底ケーブルの接続後の試験を効率的に行う必要があるため、幾つかの光海底中継器を接続した時点で、光海底中継器の温度特性を考慮してセミブロック試験を行い、評価された各セミブロックを最後に接続し、最終確認試験であるブロック試験を行う。
- B セミブロック試験では、初めに光海底中継器の入出力レベルを測定し、次に、光海底中継器特性が安定してから中継器監視制御装置を用いて絶縁試験を行い、すべての光海底中継器について、各々の単体受入検査試験時のデータと一致することを確認する。
- C ブロック試験では、絶縁抵抗、直流抵抗などの電気特性に関する試験、光送信電力、光受信電力などの光伝送特性に関する試験、中継器監視制御機能に関する試験などを行い、所定の規格を満足しているかを確認する。

<(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 |         |

- ( ) O T D Rによる測定方法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〉

O T D Rを用いて光ファイバにパルス光を入射すると、光ファイバ内の屈折率のゆらぎにより発生する誘導ブリルアン散乱光の一部が入射端に戻ってくる。この戻ってきた光を測定することにより、光ファイバの伝搬損失の距離分布を検出することができる。

O T D Rを用いた測定において、被測定光ファイバの途中に破断点があると、急激な屈折率変化によるフレネル反射が生じ、大きな反射光が戻ってくるため、測定された伝搬時間を基に破断点までの距離を算出することができる。

長距離光ファイバケーブル伝送路の伝送損失測定や高精度の損失分布測定を行うため、ヘテロダイン検波方式を採用したO T D R測定に代わり直接検波方式を採用したC - O T D R測定が用いられている。

C - O T D R測定は1.55  $\mu$ m帯の波長を光源として用いているため、一般に、エルビウム添加光ファイバ(E D F)を用いた光増幅器による光海底中継システムの測定には用いられていない。

- ( ) 波長分散の測定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〉

S M光ファイバの波長分散は、一般に、材料分散と構造分散の差となり、分散値が負の場合を異常分散、正の場合を正常分散といわれる。

位相法は、同一波長の幾つかの光源からの光を異なる周波数で正弦波変調して、その信号光が被測定光ファイバを伝搬するとき生ずる正弦波の位相差から、同一波長における相対的な群遅延特性を測定し、波長分散値を算出する方法である。

パルス法は、時間領域での測定方法であり、波長の異なる幾つかの光源からの光を被測定光ファイバに入射し、各波長ごとの群遅延時間差を直接測定し、波長分散を算出する方法である。

干渉法は、複数の異なる光源から発生した光を被測定光ファイバと可変光路の二つに入射させ、出力端で再び結合させて干渉光強度が最小になる点を測定することにより、各波長における到達時間を測定する方法である。

- (1) 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の増幅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。ただし、  内の同じ記号は、同じ解答を示す。 (2点×4=8点)

光増幅方式を用いた光海底ケーブルシステムでは、再生中継方式と異なり、各光海底中継器で信号の再生は行わずに、入力光信号をエルビウム添加光ファイバ(EDF)などの増幅用光ファイバによりそのまま増幅し、次のケーブル区間に送出する。各光海底中継器の増幅用光ファイバによる増幅後は、増幅された光信号に加えて広帯域なスペクトルが雑音として付加される。

この増幅用光ファイバの内部雑音は、  (ア) 雑音といわれ、  (ア) 雑音は光増幅においては必然的に発生する  (イ) 放出に起因するものであり、ゼロとすることはできない。電気信号の増幅器と同様に、光増幅器の雑音指数は、入力の  (ウ) を出力の  (ウ) で割ったものとして定義され、値が小さいほど低雑音になる。完全な反転分布が実現された理想的な光増幅器の雑音指数は  (エ) であることが知られている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

ジッタ	ASE	ショット	ラマン
1	2	3	4
電力	Q値	SN比	誘導
自然	帯域	熱	量子

- (2) 次の文章は、光増幅器を用いた光海底ケーブルシステム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)

- ( ) 光海底中継器の設計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〉

エルビウム添加光ファイバ増幅器(EDFA)へ注入される励起光パワーは、一般に、数十[mW]であり、信号光と励起光は波長選択性を持つ光ファイバカプラによりEDFへ導入される。

EDFAは、半導体光増幅器と比較して、広帯域性、偏波依存性及び雑音特性で劣っているが、光ファイバとの結合効率、波長多重の際のクロストークなどが優れているため、光増幅方式の光海底中継器に用いられている。

光海底中継器内のEDFを含む光回路では、反射による光の発振を防ぐため、一方向にしか光を透過しない光アイソレータが用いられる。

WDMシステムに使用される光海底中継器のEDFには広帯域の利得スペクトルが要求される。例えば、波長間隔が100GHz間隔で、30波長の多重の場合、標準の波長帯域として24[nm]程度の幅で、ほぼフラットな利得スペクトルが必要である。

- ( ) 光海底ケーブルシステムの伝送品質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〉

EDFAを用いた光海底ケーブルシステムにおける主な信号劣化要因は、各EDFAにおいて付加増幅される光雑音、ビート雑音、LDの変調特性に起因するE/O変換の非直線性、光ファイバの波長分散と非線形性などである。

LDを直接変調する場合に生ずるチャープングが起因し、変調による広がり以上に光スペクトルが広がることがある。この光スペクトルの広がり、チャープングのない外部強度変調器を用いることにより、抑制することができる。

WDMシステムでは多くの波長の光が光ファイバ中に存在するため、特に、四光波混合(FWM)による波形劣化が問題となる。FWMは、光ファイバの波長分散絶対値が大きいときに顕著に発生するため、WDMシステムでは波長分散絶対値が10 [ps/nm/km]以上の光ファイバは用いられない。

一般に、受信器に入る光信号のパワーが減少すると符号誤り率が増加する。所要の符号誤り率を確保するための最小の光信号パワーをその受信器の最小受光感度といい、一般に、受信器中の電子回路の熱雑音が感度を決める主な要因となる。

- ( ) 光増幅器などについて述べた次のA～Cの文章は、 (キ)  。

A 光ファイバラマン増幅器は、誘導ラマン散乱といわれる光ファイバの非線形現象を利用しており、EDFAと比較して、非常に大きな励起光パワーを必要とし、必要とされる光ファイバ長も数[km]と長い、励起光波長を変えることにより任意の波長の信号を増幅でき、特殊な光ファイバを必要としないなどの利点がある。

B EDFの励起光波長は1.48 [μm]であり、この波長の励起光により1.55 μm帯の信号光が増幅され、その他の波長の励起光では信号光を増幅できない。

C 外部変調器を用いた光海底ケーブルシステムにおいて、符号誤り率 $10^{-9}$ を基準とした分散制限による伝送距離限界L[km]は、以下の関係式から計算される。ただし、Bは伝送速度[Gbit/s]、λは波長[nm]、Dは光ファイバの波長分散絶対値[ps/nm/km]、cは光速[km/s]とする。

$$B^2 L = 2 c^2 D$$

〈(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 |         |

( ) 図1は、EDFAを用いた光海底ケーブルシステムをモデル化したものであり、図2は、図1に用いられる各EDFAの入力信号レベルに対する利得特性を示したものである。このシステムで、光海底ケーブル中継区間2において不具合が発生し、光海底ケーブル中継区間2の光ファイバ損失が10 [dB]増加したとき、EDFA3の出力信号レベルは、(ク) [dBm]となる。ただし、その他の条件は以下のとおりとする。

(条件)

- 光伝送端局装置(光送信部)の出力信号レベル : 5 [dBm]
- 各光海底ケーブル中継区間長 : 7.5 [km]
- 光ファイバ損失 : 0.2 [dB / km]
- その他の損失要因は考慮しないものとする。

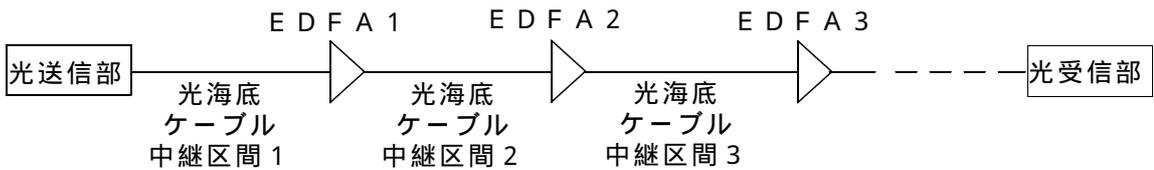


図1

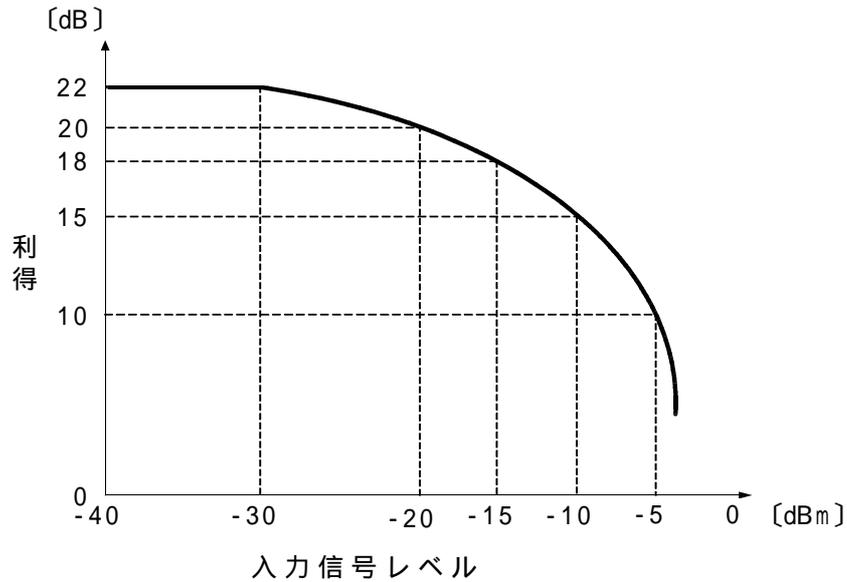


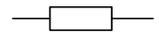
図2

〈(ク)の解答群〉

- 8      0      3      5

## 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、すべて架空のものであります。
- (3) 試験問題、図中の抵抗器の表記は、旧図記号を用いています。また、トランジスタについても、旧図記号を用いています。

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を用いています。
- (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いません。