

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	2	2
	3		D	3	3	3	3	3	3
	4		E	4	●	4	4	4	●
	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
	9	●		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) 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)

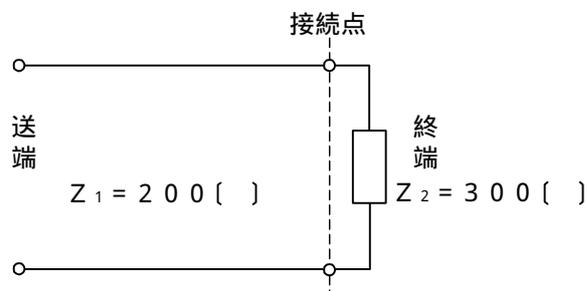
(1) 次の文章は、メタリック伝送路における反射の諸特性について述べたものである。□内の(ア)~(エ)に最も適したものを、下記の解答群から選び、その番号を記せ。

(2点×4=8点)

伝送路の特性インピーダンスが変化する点では、信号波が折り返す反射現象が生ずる。このとき、一般に、進行してきた信号波は入射波、進行方向とは反対の方向へ戻っていく波は反射波、反射点で反射せず進む波は□(ア)といわれ、反射の大きさは特性インピーダンスの変化の大きさによって定まる。

反射の大きさを表す指標として反射係数が用いられ、図に示すような特性インピーダンス Z_1 の一樣線路をインピーダンス Z_2 で終端した場合、接続点における電圧反射係数の値は□(イ)となる。また、図において、接続点が開放されている場合、終端のインピーダンスは□(ウ)と考えられる。したがって、終端開放時の入射電圧は□(エ)すべて反射される。

同様に、特性インピーダンスの異なる線路を接続した複合線路では、接続点での反射が生ずることから、実際の線路においては、できるだけ特性インピーダンスを均一化することにより、反射損失を抑えることが重要である。



<(ア)~(エ)の解答群>

0.2	ゼロ	透過波	進行波
0.4	最小	入射波が増幅されて	入射波と同位相で
0.6	無限大	定在波	減衰波
0.8	入射波と電磁結合して		周波数に比例する
	入射波と逆位相で		

(2) 次の文章は、メタリック伝送路の電氣的諸特性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)

() メタリック伝送路における漏話の種類、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〉

信号が隣接回線に漏れる現象は漏話といわれる。漏話は、一般に、メタリックケーブルが電磁的又は静電的に結合することによって生じ、前者は誘導回線の電圧の大きさに、後者は誘導回線の電流の大きさに比例する。

漏れてくる話の内容が明確にわかるような漏話は了解性漏話といわれ、多数の音声为重なり合うなどして雑音化した漏話は非了解性漏話といわれる。

誘導回線の信号の伝送方向とは逆の方向に伝搬して送信側に生ずる漏話は近端漏話、誘導回線の信号の伝送方向と同一の方向に伝搬して受信側に生ずる漏話は遠端漏話といわれ、一般に、近端漏話は線路損失の影響が小さいため、遠端漏話と比較して通信に妨害を及ぼす影響が大きい。

漏話を減少させるための一つの有効な方法は、各対の2本の導線を^よ撚ることであり、さらに、隣接する対どうしで撚りピッチを変えると、撚りピッチを同一にした場合と比較して大きな軽減効果が得られる。

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

A 基本雑音は、入力信号の有無に関係なく混入する雑音で、増幅器や変調器などの能動回路で発生し、主に、熱雑音、ショット雑音、 $\frac{1}{f}$ 雑音などがある。基本雑音は、一般に、入力信号レベルの低いところで問題となる。

B 漏話以外の雑音としては、雷や鉄道などの強電流施設から静電的あるいは電磁的結合により通信路に入る過負荷雑音、放送波などが架空ケーブルなどを介して侵入する流合雑音などがある。

C 非直線ひずみは、増幅器や変調器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。特に、変調器の場合は入力波と搬送波との組合せによる相互変調ひずみも相加される。

〈(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	

(3) 次の文章は、光ファイバの損失要因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)

() 光ファイバの損失要因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〉

赤外吸収損失は、光ファイバのコアを伝搬する光が、ガラス分子を振動させることにより生ずる損失であり、熱で振動している分子の振動数と光の周波数が一致し、共振現象が生ずる場合に大きくなる。

光ファイバの材料固有の損失であるレイリー散乱損失は、熔融状態のガラス材料が熱的な揺らぎを残したまま固化することにより生ずる屈折率の揺らぎに起因する損失であり、レイリー散乱損失の大きさは波長の2乗に比例する。

構造の不均一性による散乱損失は、クラッドと被覆との境界面に存在する微小な揺らぎ、すなわち境界面の凹凸に起因する損失であり、理想的に真円でかつ長手方向に均一な完全に円筒状のクラッドが形成できないことにより生ずる損失である。

マイクロベンディングロスとは、光ファイバの側方からの不均一な応力による光ファイバ軸の微小で不規則な曲がりによって生ずる損失であり、光ファイバの軸方向の収縮による座屈では発生しない。

() 光ファイバの損失特性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〉

石英系光ファイバは1.55 [μm]付近に最低損失領域があり、これより長波長側の1.6 [μm]付近からは赤外吸収の影響により損失が増加する。

低損失な光ファイバを実現するために、コアを純粋石英ガラスとし、クラッドにはフッ素添加の屈折率の低い石英ガラスを用いた純粋石英コア光ファイバが開発されている。この光ファイバは、コアにGeO₂を添加した光ファイバと比較してレイリー散乱が小さい。

マクロベンディングロスとは、光ファイバが曲げられたときに生ずる損失であり、曲率半径が小さく曲げられた光ファイバ内では、コアとクラッドの境界面と入射光のなす角が変化して、光がクラッド内へ漏れることにより損失が生ずる。

結合損失とは、発光素子と光ファイバの結合において発生する損失である。結合損失の大きさは、発光素子の光ビームの広がりの違いにより決まり、光ファイバのコア径など構造の違いには影響されない。

- (1) 次の文章は、光の導波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である。一般に、時間 t 、位置 z における電界の振動は、次式で表すことができる。

$$E(z, t) = E_0 \cos(\omega t - kz - \phi)$$

ここで、 E_0 は振幅、 ω は角周波数、 k は基準となる時空間点($t = 0, z = 0$)における初期位相を表す。また、 k は伝搬定数といわれ、伝搬する波の波長を λ とすると、 $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ (ア) で表される。

また、波の位相の進む速度は、位相速度といわれ、位相速度 v_p は、角周波数 ω と伝搬定数 k を用いて、 $v_p = \frac{\omega}{k}$ (イ) で求められる。

一方、光は、異なった屈折率を持つ誘電体間の境界面で反射や屈折を生ずる。光の平面波がある屈折率の誘電体からそれと異なる屈折率の誘電体に入射する際の反射と屈折の関係は、(ウ)により表される。

ある屈折率の誘電体からそれより低い屈折率の誘電体に光が入射する場合、入射角(入射光と境界面とのなす角)が一定の角度より小さくなると入射光が(エ)する。この(エ)を始める入射角度は臨界角といわれる。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
2	複屈折		スネルの法則
グリーンの定理	—	2	干渉
フェルマーの定理	—	全反射	2
2	放射	—	ブラッグの法則

(2) 次の文章は、光の性質、光通信における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)

() 光の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〉

光の回折は、光の伝搬において光波の波面の各点を波源として全方向に広がる波の包絡面が二次波を構成するというホイヘンスの原理により説明することができる。

光の振動方向が一定した光を直線偏光といい、偏光面の異なる二つの直線偏光を合成すると楕円偏光となる。また、位相が $\frac{\pi}{4}$ だけ異なり、振幅が等しく、偏光面が互いに直角をなす二つの光を合成すると円偏光となる。

電界や磁界によって生ずる複屈折において、屈折率の変化が、光の進行方向と平行に印加した電界に比例する現象はポッケルス効果、光の進行方向と垂直に印加した電界の2乗に比例する現象は光カー効果といわれる。

点光源からの光を二つの異なる経路に分けた後、再び合成すると、干渉縞が現れる現象はヤングの実験により確認でき、鮮明な干渉縞を発生することができる光はコヒーレントな光といわれる。

() 光通信における信号劣化要因などについて述べた次のA~Cの文章は、□(カ)。

A 波長によって伝搬速度が異なることに起因して生ずる分散は、波長分散といわれる。光通信に用いられる光パルスは、厳密には単一の波長ではなく波長の広がりを有しているため、波長分散があると、波長によって伝搬時間に差が生じ、受信端でパルス幅が広がり、信号が劣化する。

B 光ファイバの製造過程では、加水分解反応を用いるため、光ファイバ中にOH基が混入する可能性がある。OH基は光ファイバ中に1(ppm)程度含まれていても、吸収による伝送損失の増加要因となる。

C 長尺の光ファイバに強い光を入射したとき、その入射光の光周波数より高い周波数帯にスペクトル幅の広い光が発生する現象は、誘導ラマン散乱といわれ、この現象を利用した光増幅器であるファイバラマン増幅器の増幅可能な波長帯は、 $1.3\mu\text{m}$ 帯に限定されている。

〈(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	

- () 光ファイバの非線形光学現象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〉

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が生じ、光パルス自身が誘起した屈折率変化により、その位相は急激に変化する。この現象は、自己位相変調といわれ、パルスは大きな周波数変化を伴う。

波長の異なる二つの光を光ファイバに入射したとき、一方の光の強度変化により生ずる屈折率変化で他方の光の位相変化が生ずる現象は、相互位相変調といわれる。

波長分散による光パルス波形の広がりの変化と、ブリルアン散乱による光パルス波形の圧縮の変化が同じ大きさで釣り合っている場合、光パルス波形は崩れずに伝搬することが可能となり、このような状態は光ソリトンといわれる。

波長の異なる三つの光が光ファイバに入射されると、非線形光学効果により、新しい第四の光が発生する現象は、四光波混合といわれる。

- () 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、 (ク) である。

〈(ク)の解答群〉

マルチモード光ファイバにおいて、各モードにおける屈折率が異なることにより生ずる分散は、モード分散といわれる。光源からマルチモード光ファイバに光パルスを入射する場合、光源の波長が単一であれば、入射光パルスが複数の異なるモードに分かれて伝搬してもモード分散は生じない。

光ファイバに用いられる材料において、波長に対する散乱係数が異なることにより生ずる分散は、材料分散といわれる。材料分散値は、一般に、波長が長くなるにつれて正の値から負の値に変化する。

シングルモード光ファイバの波長分散の値の単位としては、一般に、 $[\text{ps}/\text{nm}/\text{km}]$ が用いられる。例えば、 $10 [\text{ps}/\text{nm}/\text{km}]$ とは、スペクトル幅 $1 [\text{nm}]$ の光が $10 [\text{km}]$ 伝搬したとき、パルス幅が $1 [\text{ps}]$ 広がることを意味する。

構造分散と材料分散の和は波長分散といわれ、波長分散の値は光ファイバの構造及び材料により決定される。構造分散の値は、光ファイバの屈折率分布の構造を変えることによって変化する特徴を有しており、光ファイバの波長分散の値は、構造分散の値を変化させることにより制御することができる。

- (1) 次の文章は、WDM方式を用いた光海底ケーブルシステムの光伝送端局装置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陸揚局には、光海底ケーブルと陸上ネットワークとを接続するための光伝送端局装置が設置される。

光伝送端局装置の送信側において、陸上ネットワークからの信号は、一般に、伝送路又は装置故障発生時に現用系から予備系へ切り替えることで可用性を高める役割を担う [(ア)] 装置を経て、 [(イ)] 装置に入力される。入力される信号は多様化しており、STM-16/64などのSDH/SONET信号、10ギガビットイーサネット信号などがある。 [(イ)] 装置では陸上ネットワークからの信号をITU-T G.709に規定されているOTN(Optical Transport Network)のフレームフォーマットに変換し、ITU-T G.975.1などに規定される [(ウ)] を付加し、長距離伝送に適した変調方式及び波長に変換する。

変調方式としては、伝送距離や伝送容量に応じてNRZ-OOK、RZ-OOK、DPSKなどが使い分けられる。また、波長帯域は、一般に、 [(エ)] バンドが用いられ、波長間隔はITU-T勧告で規定される100〔GHz〕や50〔GHz〕間隔以外に75〔GHz〕、37.5〔GHz〕間隔などが用いられる。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

ラマン増幅	オーダワイヤ付加ビット	E
波長合波・分波	OTDR	S
伝送路終端	クロック供給	L
海中機材監視	分散補償	C
システム監視信号	プロテクション	
ループバック制御信号	誤り訂正冗長パリティビット	

(2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムに用いられる給電装置の構成、機能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)

() 給電装置の構成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>

光海底ケーブルの給電路と給電装置とを接続する方法としては、ビーチマンホールなどにて光海底ケーブルの光ファイバと給電路を分けて給電路を陸上給電ケーブルで局舎まで敷設して給電装置に接続する方法と、光海底ケーブルをそのまま局舎まで引き込んで局舎内にて光ファイバと給電路を分けて給電路を給電装置に接続する方法がある。

給電装置は、一般に、電力制御架、電力監視架、負荷切替架及び試験用負荷架により構成され、このうち、試験用負荷架には給電装置を単体で動作させ保守するための疑似抵抗負荷回路が備えられている。

給電装置の電力制御架では、光海底ケーブルシステムの所要電圧を出力する能力を持つコンバータユニットを複数用いて並列接続することにより、冗長化を図っている。

給電装置は、傾斜抵抗といわれる領域で運用することにより、両端給電時に両陸揚局間で均等に負荷電圧を分担する機能を有している。地電位差の変化などの外乱の影響により片方の陸揚局で給電装置の出力が変動しても、もう一方の陸揚局の給電装置は出力電流を一定に保ちつつ、それに対応した電圧に変化させることができる。

() 給電装置のエレクトロレーディング機能について述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

A 海底における光海底ケーブルの位置探査では、一般に、磁気探査機能を持った遠隔制御ビークル(ROV)が用いられ、給電装置は磁気探査に必要な低周波交流信号を光海底ケーブルへの給電電流に重畳する機能を有している。

B 給電装置は、運用中の光海底ケーブルに給電しつつ、その給電電流に低周波交流信号を重畳することができる。これはインサービスエレクトロレーディングといわれ、重畳する低周波交流信号はゼロ-ピーク値で80[mA]程度である。

C 給電装置は、光海底ケーブルシステムが運用されていない状態では、インサービス時よりも大きな低周波交流電流を給電電流に重畳できる。これはアウトオブサービスエレクトロレーディングといわれ、重畳する低周波交流信号はゼロ-ピーク値で500[mA]程度である。

<(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	

- () 光海底分岐装置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、 (キ) である。

<(キ)の解答群>

給電経路切替型の光海底分岐装置では、3分岐とも無給電状態のとき、一般に、3分岐がシーアース(Sea Earth)された構成をとる。

給電経路切替型の光海底分岐装置では、一般に、正常運用中においては、トランクリンで両端給電するように給電経路が直結されており、ブランチラインはシーアースされ陸揚局から片側給電される。この場合、ブランチラインの絶縁抵抗は測定することができない。

光海底分岐装置の耐圧筐体は、機械的強度、導電性、耐摩耗性などに優れたベリリウム銅合金材料が用いられており、給電経路切替回路を収容し、さらに、光海底分岐装置におけるシーアースの電極としての機能を有している。

給電経路切替型の光海底分岐装置では、高耐電圧及び高信頼度を実現するために、一般に、真空リレーが採用されている。給電電流の調整によりリレー切替えを行う場合、真空リレーは保持型リレーであり、リレーコイルへの電流が遮断されても、接点の状態を保持するよう設計されている。

- () 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>

光海底ケーブルの抗張力鋼線は、ジョイントボックス内部で相手側光海底ケーブルの抗張力鋼線と直接接続され、当該光海底ケーブルにかかる張力が相手側の光海底ケーブルに直接伝達される。

ジョイントボックスは、同種のケーブル相互の接続を行うためだけでなく、無外装ケーブルと外装ケーブルのような異種のケーブル相互の接続にも適用される。

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。

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鋼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、光海底ケーブルシステムの監視方式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)

光海底中継器を用いた光海底ケーブルシステムは、海中区間に故障が発生した場合、一般に、故障位置を□(ア)内に特定できる監視方式が採用されている。例えば、光海底中継器にEDFAを用いたものに、上りと下りの光ファイバペア間での光のループバック回路を設けて光海底中継器の監視ができるようにしたものがあり、監視用のパルス光としては、EDFAの低周波遮断特性を考慮し、□(イ)されたパルス光が用いられている。

このような光海底ケーブルシステムにおいては、光海底ケーブルの断線故障の場合、□(ウ)を用いることにより、断線位置を100[m]以下の精度で測定することができる。一方、光海底ケーブルの給電路開放故障の場合は、陸揚局の光海底ケーブル端から□(エ)を測定し、給電路開放箇所を推定する。この方法は、高精度な位置推定が困難なため、推定された位置付近でケーブル敷設船により光海底ケーブルを回収し、ケーブル敷設船から再度、光海底ケーブルの□(エ)を測定することで給電路開放箇所をより正確に推定することができる。

〈(ア)～(エ)の解答群〉

振幅変調	C - O T D R	遅延検波	1 中継区間
波長分散	光パワーメータ	多値変調	静電容量
漏れコンダクタンス		電気パルスエコー測定器	
インダクタンス		1 [km] の範囲	
周波数変調		セミブロック試験区間	
伝送損失 3 [dB] の誤差範囲		スペクトラムアナライザ	

(2) 次の文章は、光海底ケーブルシステムの監視、修理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)

() ITU-T M.3010で規定されているTMN(Telecommunications Management Network)アーキテクチャに基づく光海底ケーブルシステムの監視制御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>

ネットワーク管理層では、通信サービスを実現するために必要なネットワークレベルでの保守管理機能が規定されており、一般に、ネットワーク管理装置により陸上伝送システムを除いた単一の光海底ケーブルシステムの管理が行われる。ネットワーク管理装置は、NMS(Network Management System)、NOS(Network Operation System)などといわれている。

エレメント管理層では、個々のネットワーク機器を管理するために必要な保守管理機能が規定されており、エレメント管理装置で保守管理が実現されている。エレメント管理装置は、EMS(Element Management System)、MC(Maintenance Controller)などといわれている。

ネットワークエレメント(NE)層は、エレメント管理層の下位に位置づけられており、NEとしては、光海底ケーブルシステムを構成する、波長合波・分波装置、分散補償装置、給電装置などがある。

TMNアーキテクチャでは、ネットワーク管理層の上位にビジネス管理層及びサービス管理層が位置づけられており、ビジネス管理層及びサービス管理層は通信事業者のビジネスモデルと関連する領域であり、各電気通信事業者が独自に実装している。

() 光海底ケーブルシステムの陸揚局での保守管理について述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

- A 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、定期試験項目は、建設時の試験項目と同様に、光伝送端局装置の光出力特性、光海底ケーブルシステムの給電の再立上げによる復旧手段の確認などである。
- B 光海底ケーブルシステムの海中部分に故障が発生しているとみられる場合には、修理船の出動の要否を判断する必要があるため、故障状況及び故障位置の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。
- C 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。

<(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	

- () 光海底ケーブルの故障位置判定方法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〉

光海底ケーブルの故障位置判定は、陸揚局からの光海底中継器折り返し試験、直流電流・電圧特性を求める直流抵抗測定、第1光海底中継器までの陸揚区間におけるOTDR試験などによって行われる。

光海底ケーブルの地絡故障の場合、陸揚局から給電路とアース間に交流電流を流し、そのときの電圧から、インピーダンス値を求めて、その値を温度換算し、地絡点を推定する方法がある。

光ファイバに光を入射した場合に発生する誘導ブリルアン散乱光を入射端から測定することにより、第1中継器より先の光ファイバの光損失、破断点を確認することができる測定器は、B-OTDRである。

陸揚局からの電気パルスエコー測定器による光海底ケーブルの故障位置判定は、光海底ケーブルの導体部と外部導体にみだた海水間にパルスを印加し、その反射から故障点を特定する方法であり、陸揚局からすべての中継区間を測定することができる。

- () 光海底ケーブルの修理方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〉

浅海部における光海底ケーブルの修理において、光海底ケーブルを割り入れた結果、光海底ケーブル長が長くなる場合、一般に、光伝送端局装置のLD駆動電流を調整することによって、光出力レベルを調整する。

第1中継区間以降のケーブル修理において、修理用ケーブルを割り入れる場合、一般に、水深の1.5倍の修理用ケーブルを割り入れるため、光海底ケーブルシステムに修理マージンを持たせている。

故障した光海底ケーブルをROVに装備されたケーブルカッターで切断し、光海底ケーブルを船上へ引き上げる場合、当該光海底ケーブルを把持したケーブルグリッパをROVから切り離し、ケーブルグリッパに取り付けられた引揚用ロープを巻き上げる。

浅海部において、修理後、海底に沈下した光海底ケーブルを埋設する場合、後埋設工法に適した鋤式埋設機の埋設装置により再埋設する方法が有効である。

- (1) 次の文章は、光増幅海底ケーブルシステムの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)

光増幅器は、信号のビットレート・変復調方式に依存しない、WDM方式に適しているなどの特徴を有していることから、光増幅器を用いた光増幅海底ケーブルシステムが実用化されている。

光増幅海底ケーブルシステムの伝送システム設計は、ITU-T G.977にて規定されているパワーバジェット計算に準拠した手法で行われる。伝送システム設計時において、検討する重要なパラメータとして、□(ア)と中継間隔が挙げられる。これらのパラメータは、伝送システム設計の前提条件として提示されるシステム長や□(イ)などに応じて最適化が図られ、一般に、25年の設計寿命終了時においても、所要伝送特性を満たすようにシステム設計が行われる。

具体的には、システム長、□(ア)、中継間隔などから計算される伝送後の□(ウ)をQ値に変換し、光ファイバの非線形性や波長分散による信号波形の劣化などによるQ値の劣化量を勘案して、システム建設直後のQ値を求める。さらに、海中機材の経年劣化、ケーブル修理などに起因する□(ウ)の低下量を考慮し、設計寿命でのQ値を求める。この設計寿命でのQ値が、受信機に搭載されている誤り訂正符号の訂正能力で決まる受信感度を下回ることはないよう、一般に、Q値で□(エ) [dB]のシステムマージンを確保するように、□(ア)や中継間隔が決定されている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
1	稼働率	信号光出力	バースト誤り
3	EDF長	光SN比	伝送容量
6	信頼性	自然放出光雑音	符号化率
10	雑音指数	減衰定数	光ファイバペア数

(2) 次の文章は、光増幅長距離海底ケーブルシステムにおける光海底中継器、伝送容量の拡張、光ファイバの偏波モード分散及び波長分散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)

() 光海底中継器の構成、機能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>

光海底中継器200台で構成される海底ケーブルシステムにおいて、1台当たりの故障率が22〔FIT〕の光海底中継器を採用すると、25年間での光海底中継器に起因する修理回数を3回以下とする仕様を満たすことができる。

光海底中継器の信頼性に影響を及ぼす主要部品は、EDF、励起LD、励起LD駆動回路、光監視回路である。光海底中継器の信頼性を高めるため、特に、EDFは冗長構成を採用している。

光海底中継器に用いられる光部品の高信頼性を確保するため、スクリーニング試験をパスした部品を対象として、連続動作試験、高温高湿放置試験、温度サイクル試験などの加速試験が実施される。加速試験により、一般に、各部品の寿命を推定し、目標信頼度を達成できるか否かを見極める。

光海底中継器の耐圧筐体は、水やガスの浸入から光海底中継器ユニットを完全に保護する必要があり、耐圧筐体の封止設計では、一般に、耐圧筐体内の相対湿度が、25年間20〔%〕以下となる気密性が要求される。

() WDM方式を用いた光海底ケーブルシステムの伝送容量の拡張について述べた次のA~Cの文章は、 [(カ)] 。

A システム設計当初の設計容量を超える伝送容量の拡張は、既存システムの光SN比にマージンがある場合のみ可能である。

B 1波長当たりのビットレートを上げて伝送容量を拡張する場合において、異なるビットレートの信号を同一光ファイバで混在させると相互干渉が生ずるため、同一光ファイバの信号のビットレートは同一にしなければならない。

C 使用波長を増やして伝送容量を拡張する方法としては、既設の光伝送端局装置の信号に新規の光伝送端局装置の増波された信号を光カプラで合波して、光海底ケーブルに送出し、受信側では光カプラで合波された信号を分岐し、新規の光伝送端局装置と既設の光伝送端局装置にそれぞれの信号を入力させる方法がある。

<(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	

- () 光ファイバの偏波モード分散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〉

偏波モード分散は、光ファイバのコア形状のわずかなゆがみから複屈折が生じ、偏波モード間に群遅延時間差が生ずるものである。偏波モード分散の補償は困難であり、偏波モード分散は高速伝送における波形劣化の主要因となる。

光海底ケーブルは、光ファイバを劣化させる要因となる水圧、温度、張力などの外力や環境から光ファイバを保護する構造を有するが、ケーブル化により、光ファイバの偏波モード分散を小さくすることはできない。

偏波モード分散は、光ファイバの敷設状態や温度などの外部環境の変化によって時間的に変動する。このため、光増幅長距離海底ケーブルシステムでは、偏波モード分散が伝送特性を時間的に変動させる一因となる。

偏波モード分散で生ずる波形劣化は、伝送路を模擬した周回伝送試験において、周回系に入力される信号光の偏光面を変化させることにより、同時に生ずる非線形現象による波形劣化とは分けて、個別に、かつ、定量的に評価される。

- () 光ファイバの波長分散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〉

長距離光海底ケーブルシステムでは、一般に、伝送用光ファイバによって負の波長分散が累積されることから、周期的に正の波長分散を持つ光ファイバを光海底中継器筐体内に実装することにより分散補償を行う方法が導入されている。

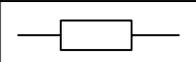
信号光の波長と零分散波長が一致すると、四光波混合によるコヒーレントクロストークが最大となる。この影響を低減するため、WDMシステムでは、 0.2 (ps/nm/km) 程度の波長分散値を有する伝送用光ファイバが採用されている。

正分散光ファイバと負分散光ファイバで構成される分散マネージメント光ファイバ(DMF)では、正分散光ファイバと負分散光ファイバの損失を考慮して、光海底中継器の入力側に正分散光ファイバを、光海底中継器の出力側に負分散光ファイバを配置する。

伝送用光ファイバの波長分散がゼロに近い場合、WDM信号間で発生する四光波混合の影響を低減するには、WDM信号の波長を不等間隔に配置する方法が有効である。

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、すべて架空のものです。
- (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。