

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	

- 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			
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、一様線路における一次、二次定数の周波数特性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)

電氣的定数が一様に分布している一様線路において、往復導体の単位長当たりの抵抗とインダクタンスをRとL、往復導体間の単位長当たりの漏洩コンダクタンスと静電容量をGとCとすると、R、L、G、Cは線路の一次定数といわれる。これら一次定数から導かれる減衰定数、位相定数、伝搬定数、 (ア) は、二次定数と総称される。

高周波(30 kHz以上)になると電流が導体の表面に集中する (イ) などのため、一次定数のRが周波数fの (ウ) に比例して増加する。

一方、低周波(音声周波程度)の場合、一般に、一次定数間において (エ) の関係が成立するため、角周波数をとすると二次定数の及びは、次式で近似できる。

$$\sqrt{\frac{CR}{2}} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left[\frac{L}{R} - \frac{G}{C} \right] \right\}$$

$$\sqrt{\frac{CR}{2}} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left[\frac{L}{R} - \frac{G}{C} \right] \right\}$$

また、 (ア) は低周波では、周波数fの (ウ) に比例して減少し、高周波になると一定値に漸近する。

〈(ア)~(エ)の解答群〉			
偏角	位置角	二乗	三乗
表皮効果	遮蔽効果	平方根	ASE
電磁結合	逆数	LGRC	LGRC
R L	G C	特性インピーダンスZ ₀	
入力インピーダンスZ			

- (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)

() 伝送系の雑音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>

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発生する基本雑音と、信号の伝送を行ったときに発生する準漏話雑音とに分けることができる。

増幅器で発生する基本雑音には、導体中の自由電子の熱的じょう乱運動による熱雑音があり、入力信号の有無にかかわらず発生する雑音である。

多重漏話雑音は、平衡対ケーブルと比較して同軸ケーブルにおいて特に問題となり、テレビジョン伝送などにおいては、伝送距離及び回線収容心線数を制限する要因となる。

漏話以外の雑音としては、雷及び電気鉄道などの強電流施設から静電的又は電磁的に通信路に入る誘導雑音、放送波などが架空線などを介して侵入する誘導雑音などがある。

() 漏話の種類や特徴などについて述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

- A 漏話を起こすもとになる回線は誘導回線、漏話を受ける回線は被誘導回線といわれ、被誘導回線において、誘導回線の送端側に生ずる漏話は遠端漏話、誘導回線の受端側に生ずる漏話は近端漏話といわれる。
- B 静電結合による漏話は被誘導回線のインピーダンスに比例し、電磁結合による漏話は誘導回線のインピーダンスに反比例する。
- C 平衡対ケーブルの場合、一般に、誘導回線及び被誘導回線のインピーダンスは同等なので、特性インピーダンスが高くなる低周波(音声周波数)では静電結合による漏話が支配的であるが、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も考慮する必要がある。

<(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 | |

- () 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。

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。

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。

ケーブル内の各対の2本の導線を燃^よ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、燃りピッチを異にした場合と比較して大きな軽減効果が得られる。

- () 反射係数と透過係数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>

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路に、特性インピーダンス Z_2 を持つ一様線路が接続されているとき、接続点における電圧反射係数は、 $\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$ で表され、電圧透過係数は、電圧反射係数に1を加えた値となる。

特性インピーダンスが異なる一様線路が相互に接続されているとき、接続点における電流反射係数は、電圧反射係数に-1を乗じた値となり、電流透過係数は、1から電圧反射係数を減じた値となる。

一様線路の受端側が短絡されているとき、受端点における電圧反射係数は-1となり、また、一様線路の受端側が開放されているとき、受端点における電圧透過係数は2となる。

特性インピーダンス Z_1 を持つ一様線路に、特性インピーダンス Z_2 を持つ一様線路が接続されているとき、その接続点における電圧反射係数 m の値は、 $Z_2 > Z_1$ のとき、 $m < 1$ となり、電圧は入射波と逆位相ですべて反射される。

- (1) 次の文章は、シングルモード(SM)光ファイバの構造パラメータ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)

SM光ファイバの構造パラメータには、モードフィールド径、□(ア)、カットオフ波長などがある。

モードフィールド径は、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□(イ)値の $\frac{1}{e^2}$ (eは自然対数の底)になる直径である。

□(ア)は、現実には、SM光ファイバのモードフィールド中心とクラッド中心が同じ点にならないことから、これらの中心間の距離として定義される。ここで、モードフィールド中心とは、SM光ファイバの□(ウ)モードの電界分布の中心をいい、クラッド中心とは、クラッド表面を最もよく近似する円の中心をいう。

カットオフ波長とは、伝搬モードが□(エ)の波長であり、カットオフ波長より短い波長に対しては伝搬モードがマルチモードとなる。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

最 小	最 大	平 均	中 間
NA	コア非円率	LP ₁₁	高 次
LP ₀₁	トンネル	クラッド非円率	
モードフィールド偏心率		一つになる最長	
一つになる最短		複数になる最短	
複数になるすべて			

(2) 次の文章は、光の伝送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)

() 非線形光学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、 (オ) である。

<(オ)の解答群>

自己位相変調とは、入射された光そのものの光強度により出力光パルスの周波数が変調を受ける現象をいい、これはファラデー効果による光ファイバの屈折率の変化に起因して発生するものである。ファラデー効果により、光パルスの立上がり部分は高周波数側へ、光パルスの立下がり部分は低周波数側へシフトされる。

異なる三つの波長の光が光ファイバ中に入射したときに新たな波長の光が生ずる現象は、一般に、四光波混合といわれ、波長多重伝送では、伝送品質の劣化要因となる。

媒質の光学的格子振動と入射光の相互作用により光が発生する現象は、ラマン散乱といわれ、入射光強度が十分大きい場合に生ずる誘導散乱は、誘導ラマン散乱といわれる。

誘導ブリルアン散乱では、後方散乱光のみが強く発生し、また、散乱光が強く発生する帯域幅が狭いため、誘導ブリルアン散乱光を強く発生させるためには、スペクトル幅の非常に狭い入射光を用いる必要がある。

() 光ファイバの伝送特性などについて述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

- A 光ファイバ伝送においては、光ファイバそのものの伝送損失、光ファイバ間の接続損失、分岐素子などのデバイスの挿入損失などが伝送距離限界に影響を与える。
- B 光ファイバの群速度に関連する特性は分散特性といわれ、多モード分散、偏波モード分散、材料分散などがある。分散特性に起因する光信号の伝搬遅延時間は群遅延時間といわれ、伝送可能なビットレート及び伝送距離は、群遅延時間の広がりの影響を受ける。
- C 光の状態を表す要素には、周波数、位相、振幅など以外に、電界の振動方向を示す偏光がある。電界にはx軸方向又はy軸方向に偏光したモードがあり、光ファイバの非軸対称性などから生ずる両モードの伝搬遅延時間の差は偏波モード分散といわれる。

<(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 | |

- () 発光素子の発光原理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>

自然放出光はコヒーレント光であり、LD光は誘導放出による光であるためインコヒーレント光である。

発光素子の発光強度を強くする方法として、クラッド層の両側にクラッド層よりもエネルギー・ギャップが大きい活性層を設けたシングルヘテロ構造があり、この構造によって、キャリア閉じ込めと光閉じ込めの両方の効果により効率の良い発光を可能とするもので、LDに用いた場合はしきい値電流を低減できる。

レーザ発振は、誘導放出及び共振の二つの作用によって発生し、発光波長は、一般に、高いエネルギー準位の価電子帯と低いエネルギー準位の伝導帯とのエネルギー準位差により決定される。

ファブリペロー形LDの発振状態での光の波長は、反射面間で共振する波長、すなわち、共振器の中で定在波ができる波長だけになり、共振を起こす条件は、共振器の長さが発振する波長の $\frac{1}{2}$ の整数倍である。

- () 受光素子の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>

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。

PDの暗電流とは、光が入射していないときにもバイアス回路に流れている電流であり、ショット雑音の原因となる。

APDでは、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、光海底ケーブルの構造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、□(ア)を受けると、マイクロベンドといわれる微小な曲がりを生じ、光損失が増加する。このため、光海底ケーブルは、光ファイバに□(ア)が加わらないような構造にする必要がある。

また、光海底ケーブルには、光海底ケーブル敷設時などに光ファイバが破断しないように、ケーブルの伸びを極力抑えて内部の光ファイバに加わる張力を小さく抑える必要があるため、金属線などで構成される□(イ)が設けられている。このように、光海底ケーブルの構造は、内部の光ファイバに作用する□(ア)及び張力を最小にするよう設計されるが、小さな張力でも長期間作用すると、静疲労によって光ファイバが断線するおそれがあるため、この張力による光ファイバ断線に対する信頼性が重要となる。

光海底ケーブルのケーブル保護構造には、水深、海底地質などの使用環境に対応して、幾つかの種類がある。強化ジャケットケーブルは、□(ウ)ケーブルに金属テープを巻き、さらに、□(エ)で補強した構造であり、海底地質の悪い場所、ケーブルの接続などで敷設船が長時間にわたってケーブルを保持する場所などで使用される。また、外装ケーブルは、外装鉄線を巻いて保護した構造であり、漁労などによりケーブルが損傷を受けやすい浅海域で使用される。

<(ア)～(エ)の解答群>

磁気	一重外装	ポリウレタン	スロットロッド
側圧	熱	二重外装	テンションメンバ
H S	偏光作用	ポリエチレン	熱収縮チューブ
布テープ	無外装	保護スリーブ	光ファイバユニット

- (2) 次の文章は、光海底ケーブル、光海底中継器及び光海底分岐装置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>

光ファイバは、光の伝搬モードの違いにより、マルチモード光ファイバとシングルモード光ファイバに分けられ、長距離光海底ケーブルシステムでは、伝送損失が低く、広帯域伝送が可能なシングルモード光ファイバが使用される。

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、光伝送損失は経年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窒素ガスによるものがある。

光海底中継器に光増幅器を用いてWDM伝送を行う光海底ケーブルシステムでは、一般に、零分散波長を1.55[μm]から少しずらすことにより、1.55μm帯での非線形現象を抑制する非零分散シフト光ファイバが使用される。

光海底ケーブルシステムに使用される光ファイバは、その強度保証を行うため、製品の全数に対し、スクリーニング試験が実施されている。スクリーニング試験は、光ファイバ全長に張力を与えて、長手方向の最低強度を保証するものであり、一定応力法、一定伸びひずみ法などがある。

- () 光海底中継器耐圧筐体^{きょうたい}のフィードスルーの構造などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ)。

- A フィードスルーは、光ファイバ及び給電線を光海底中継器耐圧筐体に導入するための部品であり、高い気密性とともに入水深8,000[m]における耐水圧性及び電気絶縁性を有している。
- B テールケーブルは、フィードスルーと光海底中継器内部回路との間のケーブルで、複数の光ファイバを給電線を兼ねる耐水圧パイプに収納し、外周を防食と絶縁を兼ねてUV硬化樹脂で被覆した構造となっている。
- C フィードスルー内の光ファイバは、給電線を兼ねる耐水圧パイプの中で固定されており、この構造は、光フィードスルーアッセンブリといわれ、ケーブル故障などによりテールケーブル内に高水圧の海水が浸入した場合でも、光海底中継器内への浸水を防ぐ機能を有している。

<(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 | |

- () 光海底中継器のケーブルカップリング構造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〉

ケーブルカップリングは、光海底ケーブルと光海底中継器をつなぐもので、ケーブルと同等の引留力、耐水圧強度が要求される。また、ケーブルカップリングにおける光ファイバ及び給電線の接続は、ジンバルで行われている。

ケーブルカップリングは、ブーツ部、ジンバル、ケーブル引留部などから構成されている。鉄3分割パイプ型光海底ケーブルの場合、ケーブル引留部には、鉄3分割パイプをかしめにより引き留める構造のものがある。

ジンバルは、約60度まで回転し、ブーツ部を耐圧筐体と組み合わせて直径3.0[m]以上の曲面に巻き付けることができる。ベローズは自由に伸び縮みするゴム製のカバーで、ジンバルに海水が入り込んで回転機能を破壊することを防ぐものである。

給電線は、光海底ケーブルからテールケーブル、フィードスルーまで連続した放熱緩衝構造をなし、内部の光ファイバを熱から保護する構造となっており、また、その外周をPVCで連続的に被覆することにより、絶縁構造を形成している。

- () 光海底分岐装置の構造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〉

光海底分岐装置は、分岐装置本体、ケーブルカップリング及び海中アースから構成されている。光海底分岐装置のケーブルカップリングは、主ケーブル用及び分岐ケーブル用とも同じ構造であり、光海底中継器のケーブルカップリングと同一の仕様である。

光海底分岐装置に取り付けられる海中アースは、給電系を構成する装置であり、長期安定性と耐腐食性が要求される。この海中アースの極性は、陰極性の場合、電極自身が分解する反応となるため、一般に、陽極性で使用される。

多局間を結ぶ光海底ケーブルシステムの場合、1分岐ケーブルに故障が発生した場合、残りの他の分岐ケーブル間の通信を確保できることが重要となる。したがって、光海底分岐装置には、長期にわたり切替えが確実に行え、安定した給電路の設定を確保するために、一般に、特別な高信頼性の確認試験がなされた真空リレーが使用される。

光海底分岐装置の耐圧筐体と海中アース間に電位差がある場合、腐食電流が流れ、耐圧筐体が腐食するおそれがあることから、海中アースは、耐圧筐体から一定の距離をおいて設置する必要がある。実用化の例では、25年の長期使用を考慮し、100[m]以上離す必要があるとされている。

- (1) 次の文章は、光海底ケーブルの故障種別に対応した故障位置判定方法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)

線形中継器を用いた光海底ケーブルシステムにおいて、陸揚局からみて第1光海底中継器を越える区間で光ファイバの断線故障が発生した場合、一般に、□(ア)を用いて、破断点で生ずる□(イ)を検知し破断点までの距離を測定する。

一方、再生中継器を用いた光海底ケーブルシステムにおいて、陸揚局からみて第1光海底中継器を越える区間で光海底ケーブルのショート故障が発生した場合、故障点に対して給電して光海底中継器を動作させ、光海底中継器監視制御装置により、故障中継区間を判定することができる。また、光海底ケーブルの□(ウ)故障が発生した場合、故障点に対して給電して光海底中継器を動作させることができないため、光海底中継器監視制御装置などは使用できない。この場合、□(エ)計により故障点までの□(エ)を測定し、建設時のデータと比較して、故障点を判定することができる。

<(ア)～(エ)の解答群>

静電容量	シャント	フレネル反射	偶発
絶縁抵抗	C-OTDR	光パワーメータ	直流抵抗
波長分散	磨耗	レイリー散乱	オープン
誘導ブリルアン散乱		パルスエコー測定器	
光スペクトラムアナライザ		インダクタンス	

(2) 次の文章は、光海底ケーブルの監視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)

() 光海底中継器の監視方法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〉

光海底中継器監視方式には、インサービス監視方式とアウトオブサービス監視方式があり、一般に、アウトオブサービス監視方式は、インサービス監視方式と比較して監視できる項目が多い。

インサービス監視方式では、システム運用中に各光海底中継器の光入出力レベルなどを測定することにより、サービスに影響を与えずに異常を検知することができるため、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的措置を講ずることができる。

光海底ケーブルの1か所が断線故障して地絡した場合でも、一般に、対向する両陸揚局の給電装置から地絡点まで給電が可能であるため、光海底中継器の動作状態を監視することが可能である。

光海底中継器は、陸揚局の光伝送端局装置からの主信号に重畳された監視開始信号を受け、監視項目の測定を行い、測定結果を主信号に重畳して当該光伝送端局装置に送信する。監視信号の重畳方式は、主信号を偏波変調する方式が主流である。

() 船上における試験項目及び試験内容について述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A 船上における海中設備の確認試験は、海中設備の船積み時の確認試験と敷設前及び敷設中の確認試験に大別される。敷設前の確認試験では、光海底ケーブルと光海底中継器がすべて接続された状態で正常であることを確認する。

B 敷設中の伝送試験は、一般に、給電した状態で行われる。ただし、光海底中継器を船内で移動するときは給電を停止する場合があります。給電を停止した場合は、光海底中継器が海中に入った時点で給電を再開し、敷設が正常に実施されたことを確認する。

C 敷設の終了する直前に敷設船が光海底ケーブルを保持した状態でシステムの伝送特性を確認する場合、この確認試験を実施している間、敷設船では、海底に着底した光海底ケーブルが擦過により損傷を受けないよう敷設船の定点保持技術及びケーブルの保持技術が必要となる。

〈(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	

- () 光海底ケーブルの評価試験における光損失の微小変動測定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〉

光海底ケーブルの伝送特性を長期にわたり保証するためには、光海底ケーブルに水圧、張力などの外力が加わった場合及び温度変化があった場合の光損失の微小変動量を正確に把握することが必要である。測定精度は、一般に、0.001 (dB)程度という極めて高精度なものが要求される。

光海底ケーブルの引張試験は、敷設・修理などの工事の際に光海底ケーブルに加わる繰返し張力などの外力に対する伝送特性を評価するために行われるが、外装ケーブルは、引張り強度が十分大きいため、長尺引張試験の対象としない。

光海底ケーブルの水圧試験は、敷設時又は敷設後の深海環境下で光海底ケーブルに加わる水圧、曲げ、捻回^{ねん}、張力などを陸上で一度に加えることにより、外力に対する伝送特性を評価するために行われる。

光海底ケーブルの光損失測定に使用する光源としては、発光ダイオード(LED)及び半導体レーザ(LD)があるが、光損失の微小変動測定には、LEDと比較して偏光依存性が少なく、出力レベル変動が小さいLDが使用される。

- () 光海底ケーブルの監視方法、故障位置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〉

光海底中継器監視制御装置による符号誤り率、LDバイアスなどの光海底中継器内部情報をモニタすることにより、光海底中継器の故障時においては故障した光海底中継器を特定し、光海底ケーブルの故障時においては光海底中継器から故障点までの距離を測定することができる。

光海底中継システムには、EDFAを用いた光海底中継器に、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る。監視に用いるパルス光は、EDFAの低周波遮断特性を考慮し、周波数変調されたパルス光ではなく、強度変調されたパルス光が用いられている。

ケーブル故障時に、光海底ケーブルの導体部と外部導体にみたてた海水との間に電気パルスを印加し、その反射からケーブル故障点を特定する方法は、どの光海底中継器間に故障がある場合でも利用することができるが、地絡抵抗が低いほど使用できないおそれがある。

陸揚局と第1光海底中継器との間の1か所において地絡が生じたとき、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値を求める方法により地絡点を推定することができる。

- (1) 次の文章は、再生中継方式及び線形中継方式に用いられる光海底中継器の構成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)

再生中継方式に用いられる光海底中継器では、入力光信号は (ア) などにより電気信号に変換され、3R機能といわれる、等化増幅、 (イ) 及び識別再生が行われ、その後、LDにより光信号に変換されて送出される。

線形中継方式に用いられる光海底中継器では、一般に、光増幅器としてEDFAが用いられており、EDFAは、光信号を直接増幅するため、中継器回路が簡素化されており、EDF、励起用LD、励起光をEDFへ導入するための光ファイバカプラ、光反射に伴う光海底中継器内の光発振を防ぐための光アイソレータ、増幅された (ウ) による雑音を除去するための (エ) などから構成される。

<(ア)~(エ)の解答群>

外部変調器	APD	分散調整	ドリフト電流
誘導放出光	光フィルタ	光減衰器	符号訂正
自然放出光	光電管	位相変調	コヒーレント光
ホモダイン受信器		タイミング抽出	
光クロスコネク		ヘテロダイン受信器	

- (2) 次の文章は、線形中継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)

- () 線形中継器を用いた光海底ケーブルシステムにおける光伝送特性の劣化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>

波長分散による信号波形劣化は、光波長スペクトルに広がりを持つ光信号が、波長により伝搬時間が異なる光ファイバを伝搬することにより生ずる。一方、偏波分散による信号波形劣化は、EDFAのパターン効果によって生ずる。

信号光電力が増大すると、光ファイバの非線形効果により信号光電力の変化に伴う屈折率変化が顕著となり、信号光自身の位相を変化させることになる。これは自己位相変調といわれるもので、信号光スペクトルを広げるため、波形劣化の要因となる。

分散シフト光ファイバ(DSF)は、1.55μm帯において、低損失であり、かつ、波長分散が小さいため、10[Gbit/s]程度の高速伝送に適しているが、DSFを用いてWDM信号を伝送すると、四光波混合といわれる現象により、WDM信号が劣化する場合がある。

線形中継器を用いた光海底ケーブルシステムにおける光伝送特性の劣化要因の一つとしては、EDFAで生ずるASE雑音の累積によるSN比の低下がある。

() 線形中継方式の特徴などについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 である。

<(カ)の解答群>

線形中継器を用いた長距離光海底ケーブルシステムでは、光海底中継器数が増加するに伴い雑音が増大し、S/N比が低下するが、光海底中継器数の増加に伴い伝送波形の劣化が生ずる再生中継方式と比較すると符号誤り率の低下は小さい。

再生中継方式に用いられる光海底中継器では、光信号をいったん電気信号に変換し、さらに、復元された電気信号を光信号に変換して次の中継区間に送出する。一方、線形中継方式に用いられる光海底中継器では、光信号をそのまま増幅するため、一般に、励起LD駆動回路以外に電子回路は使用されていない。

再生中継方式では、伝送速度と伝送符号形式は固定される。一方、線形中継方式では、伝送符号形式は固定されるが、伝送速度は光伝送端局装置を変更することにより上限値のみが制約される。

線形中継器を用いた長距離光海底ケーブルシステムでは、光ファイバ伝送路を負の波長分散値に設定し、さらに、累積波長分散値が大きくなり過ぎるのを避けるため、正の波長分散値を持つ光ファイバを周期的に挿入する方式が用いられる。

() E D F A の特性について述べた次の A ~ C の文章は、 。

A E D F A の雑音特性は、一般に、雑音指数で評価される。完全な反転分布が実現された理想的な E D F A の雑音指数は、3 [dB] である。

B 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、伝搬方向が逆である後方励起方式があり、前方励起方式は雑音特性、後方励起方式は出力特性に優れているという特徴がある。

C E D F A は、0.98 μm 帯及び 1.55 μm 帯において最大 200 [nm] 程度の広い波長帯域で平坦な増幅特性を持っている。

<(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	

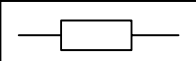

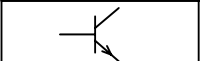

() W D M 信号を一括増幅伝送できる光海底ケーブルシステムにおいて、基準光周波数が 193.10 [THz] (波長 1,552.52 [nm]) で、これを中心として ±50 [nm] の波長帯域を使用する W D M 方式の光周波数間隔を 100 [GHz] とすると、最大、約 波長の W D M 伝送が可能である。

<(ク)の解答群>

75 100 125 150

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ありません。