

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
			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

- 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桁の数字がある場合、十の位の桁の「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	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	月	日	日
平成	○	●	●	○	●	○	○	○	○
昭和	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○	○	○	○	○

- 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。

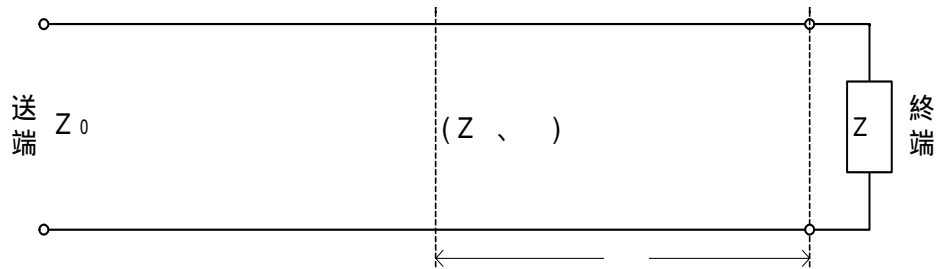
(小計20点)

- (1) 次の文章は、一様線路及び複合線路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)

一様線路とは、往復2導体が均質な媒質の空間にあり、長さ方向にどこをとっても一様であり、またその線間距離が長さに比べて極めて小さい線路をいう。図に示すように、特性インピーダンス Z_0 の一様線路をインピーダンス Z で終端した場合、 Z における□(ア)は、□(イ)で表され、任意の点における電圧、電流及びインピーダンスを簡単な計算により求めることが可能となる。

例えば、伝搬定数を γ とすると、終端したインピーダンス Z から距離 l の点のインピーダンス Z_l を求めるとき、終端から距離 l の点の□(ア)が□(ウ)で表されるため、 $Z_l = Z_0 \tanh(\gamma l)$ となる。特別な場合として終端短絡の場合、終端の□(ア)は□(エ)となる。

複合線路は、特性インピーダンス及び伝搬定数の異なる幾つかの線路を縦続接続することによって構成される線路であり、一様線路と比較して、より現実的である一方、解析が複雑である。しかし、この複合線路も一様線路の考え方を基礎にして□(ア)を導入することにより解析を容易にすることができる。



<(ア)~(エ)の解答群>			
0	1	2	無限大
$\tanh \frac{Z}{Z_0}$	$\tanh \frac{Z_0}{Z}$	$\tanh^{-1} \frac{Z}{Z_0}$	$\tanh^{-1} \frac{Z_0}{Z}$
+	-	— +	— -
偏角	角周波数	位置角	位相角

(2) 次の文章は、メタリック伝送線路の諸特性などについて述べたものである。 内の (オ)、(カ)に最も適したものを、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)

() 高周波領域における電氣的諸特性について述べた次のA～Cの文章は、 (オ) 。

- A 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洩する電流が大きいことを意味している。平衡対ケーブルでは、周波数が高くなると漏れコンダクタンスは急激に小さくなる。
- B 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、導体系の電氣的特性として周波数が高くなるに従って抵抗は増加し、内部インダクタンスは緩やかに減少する。
- C 高周波では導体系の抵抗だけでなく、周囲の金属体中に誘起される渦電流によって電力損失を生ずることがあり、主なものにカッド損などがある。

<(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 | |

() 伝送系のひずみの種類、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、 (カ) である。

<(カ)の解答群>

減衰ひずみは、伝送系の減衰量が周波数によって異なるために生ずるひずみであり、音声回線においては、鳴音を発生させる要因となる。

位相ひずみは、伝送系の位相の変化量が周波数に対して比例関係にあるために生ずるひずみであり、群伝搬時間が周波数により異なるために生ずることから、同期ひずみともいわれ、データ伝送などにおいて大きな影響を及ぼす。

非直線ひずみは、伝送系の入力と出力とが比例関係にないために生ずるひずみであり、波形ひずみを発生させる要因となるほか、多重搬送回線においては、ある通路から他の通路への漏話及び雑音を発生させる要因となる。

無ひずみ伝送の条件は、伝送に用いる有効周波数帯域全体にわたり、特性インピーダンス及び減衰定数が一定であり、位相定数が周波数に比例することである。

- (3) 次の文章は、受発光デバイスの原理と特性、光通信における信号劣化要因などについて述べたものである。 内の(キ)、(ク)に最も適したものを、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)

- () 受発光デバイスの原理、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>

LEDにおいては、半導体のpn接合に順方向電圧を印加することにより、p型半導体領域に電子が、n型半導体領域に正孔が注入され、電子と正孔が再結合して自然放出光が発生する。

LDの駆動電流を変化させることによりLDの出力光強度を直接変調することが可能であるが、ファブリペロー型LDでは、一般に、数〔GHz〕以上の高速で直接変調を行うと多モードで発振するため発振スペクトルが広がってしまい、これが伝送距離を制限する要因の一つとなる。

PDにおいては、入射光が空乏層で吸収されることにより、価電子帯に電子が、伝導帯に正孔が励起される。これら電子と正孔は電界によってドリフトし、電流として外部回路に取り出すことができる。

APDは、半導体のpn接合に大きな逆バイアス電圧を印加した状態で光を入射すると、光の吸収によって生成されたキャリアが加速され、次々に新たなキャリアを生成することにより、加速度的に電流が増大する電子なだれ現象による電流増幅作用を利用している。

- () 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、 (ク) 。

- 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もっているため、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、波形が劣化する。
- 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〕程度含まれていたとしても、屈折率の揺らぎ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 μm帯に限られる。

<(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、光通信における発光素子及び受光素子と光ファイバとの結合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)

光通信では、発光デバイスからの信号光を光ファイバに導くため、また、光ファイバからの信号光を受光デバイスに導くために結合が必要であり、その結合においては高い結合効率が求められる。

発光素子から出射される光は、屈折や□(ア)により広がることから、光ファイバのコアにその光を入射させるため、一般に、レンズを用いて光の絞込みを行うなどの工夫がなされている。コアに光を入射させるためには、光ファイバの最大受光角より小さい範囲内の角度で光を入射させる必要があり、発光素子とレンズや光ファイバとの結合にはμm単位の精度で位置調節が必要である。このため、これら光部品の固定方法には、□(イ)による溶接技術が広く採用されている。また、光部品は、振動、温度、湿度などの環境の変化に耐えうるよう、一般に、モジュール化されている。

受光素子と光ファイバの結合においては、光ファイバ内を伝搬してきた光がその端面から空間に放射される際、光ファイバの□(ウ)に対応して端面から広がって放射されるため、受光素子と光ファイバ端面の距離を近づける、受光素子の受光面積を大きくする、レンズを用いて光を受光素子の受光面に収束させるなどの工夫が必要となる。

発光素子は、高い信頼性を有しているものの、素子の経年劣化が避けられないため、その特性の補償が必要になる。特性を補償するための機構の一つである□(エ)は、発光素子からの出力光をエタロンフィルタに通過させることにより、出力光の波長変動をフィルタの透過光出力に変換し、この透過光出力の変動をフィードバックさせることにより出力光の波長を一定に保つ機能を有している。

<(ア)～(エ)の解答群>

吸収	A G C	A T C	Y A G レーザ
A P C	群遅延	回折	分散マップ
超音波	A F C	分散	電子ビーム
開口数	反射	臨界角	プラズマアーク

- (2) 次の文章は、光通信などに応用されている光の性質などについて述べたものである。 内の(オ)～(ク)に最も適したものを、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)

- () 光通信などに応用されている光の性質について述べた次の文章のうち、正しいものは、 (オ) である。

<(オ)の解答群>

屈折率の高い媒質 A から入射した光が屈折率の低い媒質 B との境界面に沿って進むときの入射光と二つの媒質の境界面の法線とのなす角度はブリュースター角といわれ、入射角がこの角度より大きくなると光は媒質 B に入ることができず全反射する。

光は互いに直交する電界と磁界によって構成される電磁波の一種であり、光の進行方向と垂直に振動する横波である。電界の振動方向が一定した光は直線偏光、進行とともに電界が回転する光は楕円偏光又は円偏光といわれる。

直線偏光が物体中を透過するとき、その偏光面が回転する現象は旋光といわれ、直線偏光の進行方向に対し平行な磁界をかけることによって旋光性が現れる現象はポッケルス効果といわれる。光カプラは、この現象を利用した光デバイスである。

光の波動としての性質に干渉がある。同一光源からの光を二つの光路に分け、再び合成したとき、二つの光の位相がそろっているときは二つの光は互いに干渉することができるのでインコヒーレントな光といわれ、位相がそろっていないときは干渉しないのでコヒーレントな光といわれる。光通信には、干渉しないコヒーレント光が適している。

- () 光ファイバ伝送における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、 (カ) である。

<(カ)の解答群>

光ファイバ伝送では、入力した信号光が細いコア内に閉じ込められるため単位面積当たりの光強度が大きくなること、低損失で長距離を伝搬するため媒質と光の相互作用長が長くなることなどにより、非線形光学効果が起きやすくなる。

自己位相変調は、光ファイバ中を伝搬する光パルス自身の強度により光ファイバの屈折率が変化するファラデー効果のため、伝搬する光パルスが変調を受ける現象であり、光パルスは大きな周波数変化を伴う。

四光波混合は、二つ以上の異なった波長の光が同時に光ファイバに入射したとき、入射したどの波長とも一致しない新たな波長の光が発生する現象であり、WDM方式では、四光波混合による光がノイズ光となって信号光の波長上に発生すると信号劣化を引き起こす場合がある。

WDM方式において四光波混合による信号劣化を抑制する方法として、使用波長帯域の近傍で波長分散をゼロとしないノンゼロ分散シフト形光ファイバを用いる方法、周波数を不等間隔で配置する方法などがある。

() S M光ファイバにおける波長分散及び自己位相変調について述べた次のA ~ Cの文章は、(キ)。

- A 光ファイバにおける波長分散は、一般に、ゼロ分散波長を境にして、長波長側の正常分散領域と短波長側の異常分散領域に分けられる。異常分散領域においては、光の波長が長いほど群速度が遅く、波長が短いほど群速度が速いことから、光ファイバに入力された光パルスの幅は広がる。
- B 高強度の光パルスが光ファイバに入射されると、自己位相変調によってパルスの前縁部の波長は長くなり後縁部の波長は短くなることから、異常分散領域においては、光パルスの幅は狭くなる。
- C 異常分散領域において、光パルスの幅が波長分散による広がりとは自己位相変調による狭まりとが打ち消し合った状態では、光パルスは元のパルス幅を保ったまま光ファイバ中を伝搬することができる。このような現象は、光ソリトンといわれる。

<(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 | |

() ファイバグレーティング(F G)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>

F Gは、光ファイバのコアに周期的な屈折率変化を形成することで、特定の波長の伝搬光を選択的に反射又は阻止することのできる波長選択デバイスとして用いられ、同様の機能を有する光デバイスである多層膜光フィルタと比較して、伝送用光ファイバとの接続性に優れている。

F Gは、グレーティング周期が数十[μm]~数百[μm]の長周期型と、1[μm]以下の短周期型に分類される。長周期型はブラッグ波長の光を反射させる機能を、また、短周期型は特定の波長の光をクラッドモードに結合させて損失を与える機能を有し、いずれの型も分散補償器として用いられる。

F Gの温度特性は、光路の温度変化による屈折率変化と熱膨張によって決まり、石英ガラスを用いたF Gの場合は、屈折率変化が支配的要因となっている。短周期型F Gを波長選択デバイスとして用いる場合には、一般に、F Gを固定する台座の温度特性を利用するなどして温度補償が行われている。

F Gの作製方法には、2光束干渉法、位相マスク法などがある。位相マスク法は使用する位相マスクによりグレーティング周期が定まり、2光束干渉法と比較して、同一のグレーティング周期を持つF Gを安定的に量産することができる。

- (1) 次の文章は、光増幅海底ケーブルシステム(光増幅システム)に用いられる光海底中継器の構成、機能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)

光増幅システムに用いられる光海底中継器は、一般に、光海底ケーブルに一定間隔で挿入され、光ファイバ内で減衰した信号光をEDFAによって光増幅中継するものである。

WDM方式を用いた光増幅システムにおける光海底中継器には、一般に、利得帯域の平坦化と広帯域化を実現する□(ア)機能が必要とされており、EDFAの利得特性と相反する利得特性を持つ□(ア)フィルタを用いることにより1,550nm帯において40[nm]に及ぶ利得帯域の平坦化が実現されている。

なお、光増幅システムに用いられるEDFAでは、一般に、雑音特性が最も優れている波長□(イ)[μm]の励起光が使用されている。

また、光増幅システムでは、光海底ケーブル及び光海底中継器の故障を陸揚局から遠隔で調査することを可能とするため、光海底中継器の状況を把握できる監視方式が適用されている。

監視方式の一つである□(ウ)方式では、コマンド信号を送ることにより光海底中継器の光入出力レベル、励起光源の駆動電流などの状態を監視することができる。また、光海底中継器には上り方向と下り方向の光ファイバを結ぶ□(エ)パスといわれる光経路が搭載されており、陸揚局からの光海底ケーブル故障点探索に活用されている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

0.98	バーチャル	利得等化	外部変調
1.31	波長分散補償	FEC	アクティブSV
1.48	高帯域通過	ルート	C-OTDR
1.55	パッシブSV	マルチ	偏波モード分散補償

(2) 次の文章は、光海底ケーブルの評価試験、光ファイバ及び光海底中継器の特性などについて述べたものである。 内の(オ)～(ク)に最も適したものを、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)

() 光海底ケーブルの評価試験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>

光海底ケーブルは、製造時の25〔 〕前後の室温から、実際に敷設されて長期運用される深海部の3〔 〕程度までと適用温度範囲が広いこと、また、輸送時などに温度変化を受けることなどのため、光伝送損失や波長分散の温度特性を確認する評価試験が行われる。

光海底ケーブルは、敷設や回収時に直線状で引張力を受けるのみでなく、ケーブル船のシーブやドラムケーブルエンジンにおいて、曲げ、側圧などの動的な外力を同時に受けるため、一般に、直径3〔m〕のシーブなどの敷設機構を模した試験装置を用いて評価試験が行われる。

中継光海底ケーブルシステムは、一般に、定電流給電方式が適用されており、システム長及び光海底中継器の消費電力によって給電電圧は大きく異なる。長距離大容量システムに用いられる光海底ケーブルは、高電圧下で25年間の長期信頼性を検証するために、一般に、電圧と時間の指数関数則に基づいて光海底ケーブルの設計電圧を超える高電圧の印加試験が行われる。

敷設された光海底ケーブルが切断事故などにより損傷し、ケーブル内に海水が浸入すると、水素による光ファイバの伝送特性の劣化などが生ずるため、一般に、水深8,000〔m〕と同等な高水圧下において水走り長が6週間で100〔m〕以下であることを確認する評価試験が行われる。

() 光海底ケーブルに用いられる光ファイバの特性などについて述べた次のA～Cの文章は、 (カ) 。

A 1.31 μm帯をゼロ分散波長とした標準的なシングルモード光ファイバ(SMF)は、クラッドが石英ガラスで、コアは石英ガラスに屈折率を上げるためにゲルマニウムを添加しており、ステップ型の屈折率分布構造を有している。

B 1.55 μm帯をゼロ分散波長とした分散シフト光ファイバ(DSF)は、クラッドに屈折率を下げるためにリンを添加することでゼロ分散波長を1.31 μm帯から長波長側にシフトしており、標準的なSMFと同様にステップ型の屈折率分布構造を有している。

C ゼロ分散波長を1.55 μm帯からわずかにずらしたノンゼロ分散シフト光ファイバ(NZDSF)は、伝送波長1.55 μm帯の光増幅システムにおいて非線形光学効果を抑制する分散特性を持ち、一般に、セグメント型の屈折率分布構造を有している。

<(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	

- () WDM方式を用いた光増幅海底ケーブルシステムにおける光海底中継器の特性、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〉

光海底中継器の構成において、上り心線と下り心線の1光ファイバペアで構成する1サブシステムでは、上り信号光と下り信号光を増幅しており、一般に、光カプラを用いて複数の励起光源を上り・下り共通の励起光源とする冗長化が図られている。

各光海底中継器は、その利得がケーブル区間の光損失設計値と比較して大きいとき、利得帯域の波長特性が平坦になるよう設計されているが、ケーブル割入れなどの故障修理によりケーブル区間損失が増加すると、一般に、短波長側の利得が減少する利得傾斜が生ずる。

光海底中継器には、一般に、分散補償用光ファイバが実装されており、各光海底中継器は、隣接する光海底ケーブル区間で蓄積された波長分散値をいったんゼロに戻す役割を担っている。

光増幅海底ケーブルシステムの大容量化への要求に応えるため、光海底ケーブルの1光ファイバペアによるWDM伝送に加え、1光海底中継器の最大収容サブシステム数が24(24光ファイバペア)のシステムが実用化されている。

- () 両端給電の状態にある光増幅海底ケーブルシステムにおいて、次に示す条件の場合、プラス給電する陸揚局での給電電圧は、正常に運用されているとき、約 (ク) (kV)である。

(条件)

光海底ケーブルシステム長：8,000[km]

給電電流：0.8[A]

光海底中継器間隔：40[km]

光海底中継器電圧降下：給電電流0.8[A]のとき、1光海底中継器当たり30[V]

光海底ケーブル電気抵抗：1[km]当たり1[]

陸揚局での接地抵抗、地電位差など上記以外の電気抵抗変動要因及び電圧変動要因は考慮しないこととする。

〈(ク)の解答群〉

3.1

6.2

12.4

24.8

- (1) 次の文章は、海底ケーブルの探線方法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)

海底ケーブルを船上に引き揚げるためにこれを捕捉する作業は、一般に、探線といわれ、探線の一般的な方法は、海底で錨状の探線機を海底ケーブルの敷設方向に対して直角の方向に引きずることにより、海底ケーブルを引っ掛けるというものである。ケーブル敷設状況には、非埋設の場合と埋設の場合があり、それぞれ探線方法及び使用する探線機が異なる。

海底ケーブルを非埋設とするのは、おおむね水深□(ア)又は底質により埋設不能な海域に敷設する場合であり、非埋設の海底ケーブルの探線に用いられる探線機としては、底質が軟泥である場合に有効で、菱形の平板の対角線上に爪が出た形状をしている□(イ)がある。また、90度ずつ方向の異なる猫の手に似た四つのフックで海底面の海底ケーブルを捕捉する仕組みを持つ探線機は、多くの底質で有効で、一般に、□(ウ)ケーブルの探線に用いられる。

一方、埋設された海底ケーブルの探線では、非埋設の海底ケーブルの探線と比較して曳航張力が高くなること、後埋設する距離を極力短くするため修理予定点に近い場所をピンポイントで探線することなどに留意する必要がある。

また、海底ケーブルが密集して敷設されている海域においては、水深がROVの潜水性能の範囲内ではROVによる探線が有効であり、探線後、ROVの□(エ)を用いて、海底ケーブルの切断作業、揚収ロープの取付け作業などが行われる。ROVが適用できない深海部では、曳航張力を利用して海底ケーブルを切断する構造の探線機が有効であるが、海底ケーブルに作用する力により海底面の海底ケーブルを移動させるおそれがある。

〈(ア)~(エ)の解答群〉		
100(m)以内	200~400(m)	500~700(m)
1,000(m)以上	バイプロコアラ	一重外装
マニピュレータ	二重外装	ギフォードグラブネル
無外装	ドレッジャー	ケーブルグリッパ
アンビリカル	フラットフィッシュグラブネル	
ソノプローブ	スライディング・ブロンググラブネル	

(2) 次の文章は、光海底ケーブルの故障の特徴などについて述べたものである。□内の(オ)~(ク)に最も適したものを、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)

() 光海底ケーブルの故障原因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>

浅海部での光海底ケーブルの故障原因としては、漁具や船錨^{びょう}に起因するものが大きな割合を占めている。したがって、浅海部での光海底ケーブルについては、一般に埋設するが、大型船の投錨^{じん}地域では非埋設とし、強靱な防護管に收容する対策が採られる。

光海底ケーブルに直径2[m]程度以下のケーブルループやキックが生じた場合、当該箇所の光ファイバに曲げひずみが生じ、光海底ケーブルシステムの設計寿命期間において、光ファイバが破断するおそれがある。

岩盤地質の海底で宙吊りになった無外装ケーブルは、海底の潮流により振動して経年的に岩盤のケーブル支持点で摩損が引き起こされ、内部の絶縁層に摩損が進行するおそれがある。

急峻な傾斜地に敷設された光海底ケーブルは、数年以上といった長期間においては、当該箇所に予測不可能な地震活動による海底地滑りなどの影響を受けるおそれがあり、このような自然現象に起因する故障が発生すると、長い区間にわたる光海底ケーブルの損傷、光海底中継器の遺失などが想定される。

() 光海底ケーブルの絶縁(シャント)故障の特徴と故障位置判定方法について述べた次のA~Cの文章は、□(カ)。

A 片端給電方式の光増幅海底ケーブルシステムでは、光海底ケーブルの1か所にシャント故障が発生したとき、給電側の陸揚局から光海底中継器を監視測定することによってどの光海底中継器まで給電できているか確認できるため、シャント故障箇所のある中継区間を特定できる。

B 両端給電方式の光増幅海底ケーブルシステムでは、光海底ケーブルのシャント故障箇所が1中継区間内であるとき、各光海底中継器にはいずれかの陸揚局から給電され、電圧電流測定による故障位置判定では、給電電圧の平衡点(電位がゼロになる点)をシャント故障箇所に合わせることで、故障位置を特定することができる。

C 光海底ケーブルのシャント故障箇所が陸揚局から第1光海底中継器までの区間であれば、給電装置のエレクトロレーディング機能を用いて、陸揚局にて故障位置を特定することができるが、光ファイバには異常がないため、OTDRなどを用いた光学的方法では故障位置を特定することはできない。

<(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	

- () 両端給電方式の光増幅海底ケーブルシステムにおける光海底ケーブルの短絡(ショート)故障の特徴と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〉

光ファイバも含めて光海底ケーブルが切断され、給電用導体が海水に接している状況にある故障は、一般に、ショート故障といわれる。

光海底ケーブルのショート故障では、分断された光海底ケーブルの両端の給電用導体は、海水中に露出しているため、両陸揚局から給電用導体に給電することが可能である。

陸揚局から50(km)以上離れたショート故障位置の特定は、一般に、陸揚局からの電気パルスエコー測定及び光海底中継器の監視測定のほか、光増幅システムにおいては、両陸揚局からのC - O T D R測定により行われる。

光増幅システムにおいて、C - O T D R測定は、陸揚局から光ファイバ切断位置までの光ファイバ長を測定できるため、光海底中継器の監視測定による故障位置測定と比較して、より正確な故障位置の特定が可能である。また、陸揚局から第1光海底中継器までの区間でのショート故障であれば、通常のO T D Rを用いて故障位置の特定が可能である。

- () 両端給電方式の光増幅海底ケーブルシステムにおける光海底ケーブルの開放(オープン)故障の特徴と故障位置の特定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〉

光海底ケーブル内の給電用導体が、陸揚局からの給電に対して開放された状態の故障は、一般に、オープン故障といわれる。オープン故障は、温度変化の影響により水走り防止材が膨張し、給電路の切断箇所を覆ってしまうことによって生ずる。

光海底ケーブルの故障箇所のケーブル両端がオープン故障となった場合、工場出荷時の各ケーブルセグメントの静電容量データと陸揚局からの静電容量測定結果を比較することにより、陸揚局から故障点までのおおよその距離を計算できる。

光海底ケーブルの故障箇所のケーブル両端がオープン故障となった場合、どちらか片側の陸揚局の最大給電電圧が両端給電時の給電電圧の2倍以上あれば、片側の陸揚局からの電圧電流特性測定、C - O T D R測定、中継器監視測定などにより故障位置を特定することができる。

光海底ケーブルの故障箇所のケーブル両端がオープン故障となった場合、陸揚局からの静電容量測定による故障位置の特定は、故障点が陸揚局から遠いほど不正確になるため、第2中継区間以降に故障点があるときは、一般に、あらかじめ判明している光海底ケーブルの傾斜抵抗値を用いて故障点を絞り込む方法が採られる。

- (1) 次の文章は、無中継光海底ケーブルシステム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。ただし、□内の同じ記号は、同じ解答を示す。(2点×4=8点)

無中継光海底ケーブルシステムは、光海底中継器を使用しないため、□(ア)などの陸上装置も不要であり、中継光海底ケーブルシステムと比較して、経済性、信頼性及び保守性の面で優れている。このため、無中継光海底ケーブルシステムは、伝送距離を延伸させる様々な技術を用いることにより適用範囲が拡大されている。

無中継光海底ケーブルシステムの光送信器出力の増大は、伝送距離の延伸に有効であるが、光ファイバへの入力光パワーは□(イ)により制限される。□(イ)による光ファイバへの入力光パワーの限界値は数(mW)から10(mW)程度であるが、信号光に変調を加えて信号光のスペクトル線幅を広げることにより、入力光パワーの限界を緩和することができる。強度変調・直接検波方式の光受信装置では、できるだけ高い光受信感度を実現するため、一般に、雑音特性の優れた波長の光を励起光とする□(ウ)が用いられる。また、コヒーレント光通信技術の適用により□(ウ)を用いなくて受信感度を改善する方法もある。

無中継用光海底ケーブルとしては、100心程度の光ファイバを実装したものが用いられている。このケーブルはHFケーブルといわれ、□(エ)の採用により、融着接続の作業性を向上させている。

〈(ア)~(エ)の解答群〉

A P D 受信機	ブリッジアンプ	システム監視装置
2心テープ心線	誘導ラマン散乱	4心テープ心線
波長合分波装置	誘導ブリルアン散乱	自己位相変調
光プリアンプ	8心テープ心線	帰還アンプ
給電装置	プロテクション装置	レイリー散乱
12心テープ心線		

(2) 次の文章は、無中継光海底ケーブルシステムの伝送距離延伸技術、中継光海底ケーブルシステムのシステムパラメータ、分散マップなどについて述べたものである。 内の(オ)~(ク)に最も適したものを、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)

() 無中継光海底ケーブルシステムの伝送距離延伸技術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>

ラマン増幅方式は、伝送用光ファイバを増幅媒体としても利用するため、増幅専用の特殊な光海底ケーブルを必要としない。信号波長より100[nm]程度短い波長の励起光を用いて受信端からラマン増幅させる場合には、伝送用光ファイバへ信号光の伝送方向とは逆方向に励起光を入力する。

遠隔励起光増幅器は増幅用光ファイバとしてEDFを用いており、光伝送端局装置から送信される励起光により、伝送用光ファイバに配置された遠隔励起光増幅器で光信号が増幅される。励起光を伝送する光ファイバとしては、信号光の伝送用光ファイバを用いる場合と励起光専用の光ファイバを用いる場合がある。

ラマン増幅方式と遠隔励起光増幅器を併用する方法は、それぞれを単独で用いる方法よりも伝送距離の延伸が図れる。伝送距離の延伸効果は、一般に、送信端から10[km]程度までの範囲にEDFを配置するとき、最大となる。

無中継光海底ケーブルシステムの伝送用光ファイバとしては、1,550[nm]を中心とした波長帯における低損失性を実現するため、コアは純石英でクラッドにはフッ素を添加した純石英コア光ファイバが用いられる場合がある。

() WDM方式を用いた中継光海底ケーブルシステム(WDMシステム)のシステムパラメータなどについて述べた次のA~Cの文章は、 (カ) 。

A EDF Aを用いた光海底中継器の伝送特性にかかわるシステムパラメータとしては、光海底中継器における光出力レベル、雑音指数及び給電電流である。これらのパラメータを用いて1波長ごとのジッタを設計する。

B 超大口径正分散光ファイバ(SLA)と逆分散光ファイバ(IDF)を用いた区間と分散補償光ファイバを用いた区間で構成される1中継区間では、1中継区間の波長分散が所定の値となるように、SLAの長さとの比率を決定する。

C 長距離のWDMシステムでは、光伝送端局装置の受信特性を大幅に改善するため、一般に、誤り訂正符号が用いられる。誤り訂正用の冗長ビット数は情報ビット数と比較して極めて小さく、冗長度は1[%]未満のため、伝送速度の設計では冗長ビットを含めて計算する必要はない。

<(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	

- () WDM方式を用いた中継光海底ケーブルシステム(WDMシステム)の分散マップなどについて述べた次の文章のうち、正しいものは、 (キ) (ク) (カ) (コ) である。

〈(キ)の解答群〉

長距離のWDMシステムでは、光ファイバ内での後方散乱光の発生を抑制するため、分散マップといわれる累積波長分散の制御方法が用いられる。分散マップでは、一般に、信号波長帯域内において波長分散がゼロの光ファイバが用いられる。

太平洋を横断するWDMシステムの分散マップは、一般に、数百(km)程度のブロックを単位として構成される。分散マップに用いられる光ファイバとしては、信号波長1,550[nm]で+18[ps/nm/km]の波長分散を有するノンゼロ分散シフト光ファイバなどがある。

1中継区間が大口径負分散光ファイバ(LMF)と分散スロープ低減負分散光ファイバ(LSF)で構成される場合、光海底中継器の出力側にLMF、光海底中継器の入力側にLSFが配置され、LMFの長さとしLSFの長さとの比率は1中継区間での分散スロープがゼロとなるように決定される。

1中継区間が超大口径正分散光ファイバ(SLA)と逆分散光ファイバ(IDF)で構成される場合、自己位相変調や相互位相変調の影響を抑圧するため、光海底中継器の出力側にSLA、光海底中継器の入力側にIDFが配置される。

- () 光海底ケーブルネットワークのトポロジなどについて述べた次の文章のうち、誤っているものは、 (ク) (キ) (カ) (コ) である。

〈(ク)の解答群〉

光海底分岐装置(BU)を使用するトランク-ブランチ構成では、ブランチ局とBUとの間の光海底ケーブルで故障が発生しても、トランク局間を直接結ぶ光ファイバペアのトラヒックには影響を及ぼさないようにすることができる。これを実現するには、トランク局間を両端給電、ブランチ局とBUとの間を片端給電とする方法が用いられる。

光海底ケーブルネットワークの信頼性を向上する方法として、従来の3分岐型ではなく4分岐型のBUを用いることにより、物理的にメッシュ構成のネットワークトポロジが実現されている。

対向する二つの陸揚局を1本の光海底ケーブルで結ぶポイント・ツー・ポイント構成では、光ファイバケーブル内の2組の光ファイバペアを利用し、一方の光ファイバペアをワーキング光ファイバペア、他方の光ファイバペアをプロテクション光ファイバペアとする1+1構成で冗長系を構成する場合がある。

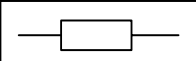



三つ以上の陸揚局を環状に接続するリングネットワーク構成では、右回りルートが切断した場合、左回りルートに切り替えるリング切替によるプロテクション方法が有効となる。このリング切替により故障箇所を迂回する場合、伝搬遅延時間を短縮するため、故障発生箇所近くの陸揚局まで信号を伝送することなく、最短距離での迂回経路を選択する方式が実用化されている。

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) ・撚り(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) 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。

(9) 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。

(10) 法規科目の試験問題において、個別の設問文中の「」表記は、出題対象条文の条文見出しを表しています。また、出題文の構成上、必ずしも該当条文どおりには表記しないで該当条文中の()表記箇所の省略や部分省略などを行っている部分がありますが、()表記の省略の有無などで正誤を問うような出題はしてありません。